

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование

Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Эколого-геохимическая характеристика территории г. Барнаула по результатам изучения листьев тополя бальзамического</b>

УДК 581.45.582.681.81.504.550.4(571.150)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ61	Александрова Софья Николаевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Юсупов Дмитрий Валерьевич	кандидат геолого-минералогических наук, доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Макашева Юлия Сергеевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Абраменко Никита Сергеевич			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Барановская Наталья Владимировна	доктор биологических наук, доцент		

Томск – 2018 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование

Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Барановская Н.В.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ61	Александрова Софья Николаевна

Тема работы:

Эколого-геохимическая характеристика территории г. Барнаула по результатам изучения листьев тополя бальзамического	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	21.03.2018, №1980/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Литературные и фондовые материалы, научные публикации, интернет ресурсы, результаты собственных исследований.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Биогеохимический мониторинг техногенной нагрузки и состояния окружающей среды с применением листьев тополя</li> <li>2. Физико-географическая характеристика г. Барнаула</li> <li>3. Геоэкологическая характеристика г. Барнаула</li> <li>4. Методы исследований</li> <li>5. Результаты анализа содержания химических элементов в листе тополя бальзамического на территории г. Барнаула</li> <li>6. Социальная ответственность</li> <li>7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> </ol>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Макашева Юлия Сергеевна
Социальная ответственность	Абраменко Никита Сергеевич
Раздел на иностранном языке	Матвеевко Ирина Алексеевна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Biogeochemical monitoring of environmental footprint and the environmental condition using populus leaves	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	22.03.2018
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Юсупов Дмитрий Валерьевич	кандидат геолого- минералогических наук, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ61	Александрова Софья Николаевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ61	Александрова Софья Николаевна

<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение геологии
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Экология и природопользование

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Объектом исследования являлись данные ИНАА и анализа ртути атомно-абсорбционным методом, полученные в результате анализа тополя бальзамического (<i>Populus balsamifera</i> L.). На территории г. Барнаула отобраны 31 проба по равномерной сети 2х2 км. Рабочее место расположено в учебном компьютерном классе (541 ауд.) МИНОЦ «Урановая геология» в отделении геологии ИШПР ТПУ на пятом этаже здания (20 корпус ТПУ, Ленина 2/5), имеет естественное и искусственное освещение. Размер помещения 8,5×9,5×3,1. Площадь на одно рабочее место ПК составляет не менее 4,5 м<sup>2</sup>, объем – не менее 20 м<sup>3</sup>. В аудитории имеется 12 персональных компьютеров, на них производится обработка информации (обработка баз данных, набор текста и т.д.). Вредные факторы: отклонение показателей микроклимата в помещении; недостаточная освещенность рабочей зоны; степень нервноэмоционального напряжения. Опасные факторы производственной среды: электрический ток.</p>
<p>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ 12.0.003-2015, ГОСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ 12.1.045-84, ГОСТ 12.4.009-83, ГОСТ 12.4.124-83, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СанПиН 2.2.2.542-96, СанПиН 2.2.4.548-96, СНиП 23-05-95</p>
<p><b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b></p>	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Рассмотрены и проанализированы следующие вредные факторы: показатели микроклимата в помещении, плохое освещение, шум, электромагнитные поля и психофизические факторы. Перечень мероприятий, направленных на ликвидацию причин травматизма при эксплуатации ПК. Естественное искусственное освещение в помещении, норма освещенности рабочего места. Наличие средств противопожарной защиты в данном помещении.</p>

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты).</li> </ul>	<p>- Механические. Причины: большое количество компонентов компьютера, получения травм от падения компонентов ПК.</p> <p>- Электробезопасность. Источники: электрооборудования и электроприборы (ПК). Средства защиты: электроизолирующие провода, заземление.</p> <p>Меры предосторожности: размещение оборудования на устойчивых поверхностях, все провода и соединительные элементы должны быть размещены таким образом, чтобы не препятствовать перемещению пользователя по всему пространству помещения.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>В данном типе работ негативного влияния на окружающую среду не происходит, главная опасность – негативное влияние на здоровье человека.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Возможные ЧС – пожар в здании. Наличие конструктивных и объёмно-планировочных решений, препятствующих распространению опасных факторов пожара по помещению; ограничения пожарной опасности строительных материалов используемых в поверхностных слоях конструкции здания, в том числе кровель, отделок и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации; наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения; сигнализация и оповещение о пожаре.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны проводятся в соответствии с планом проведения этапов исследовательской работы, с учетом требований и стандартов к организации рабочего места.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.03.2018
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Абраменко Никита Сергеевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ61	Александрова Софья Николаевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ61	Александрова Софья Николаевна

<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение геологии
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Экология и природопользование

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Расчет сметной стоимости выполняемых работ, согласно применяемым методам и технологиям
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Страховые взносы 30%; Налог на добавочную стоимость (НДС) 18%
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<i>1. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Технико-экономическое обоснование. Линейный график выполнения работ.
<i>2. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Расчет затрат на проведение научного исследования
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. Линейный календарный график выполнения работ 2. Карта-схема отбора проб листьев тополя	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	22.03.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Макашева Юлия Сергеевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ61	Александрова Софья Николаевна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа объемом 127 страниц машинописного текста, состоит из введения, 7 глав и заключения; работа проиллюстрирована 26 таблицами и 20 рисунками. Список литературы насчитывает 109 наименований.

Ключевые слова: эколого-геохимическая оценка, окружающая среда, содержание химических элементов, листья тополя, урбанизированная территория, город Барнаул, Алтайский край.

Объектом исследований являются листья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на урбанизированной территории г. Барнаула Алтайского края.

Предметом исследования являлся химический состав листьев тополя на урбанизированной территории г. Барнаула.

Цель дипломной работы: эколого-геохимическая оценка состояния территории г. Барнаула посредством изучения элементного состава листьев тополя и выявление степени влияния промышленных предприятий, в особенности предприятий теплоэнергетики, находящихся в городе, на окружающую среду с помощью биогеохимических исследований.

В 2015 г. на территории г. Барнаула отобрана 31 проба ливня тополя бальзамического. В период с 2015 по 2018 гг. пробы проанализированы инструментальным нейтронно-активационным и атомно-абсорбционным методами анализами.

Данные лабораторных анализов обработаны с помощью программ Microsoft Excel, Stastistica, Origin, построены карты распределения химических элементов на территории г. Барнаула в программах Corel Draw и Surfer.

Область применения: полученные фактические данные и результаты могут быть использованы заинтересованными организациями для подготовки программы работ на проведение мониторинга состояния окружающей среды

г. Барнаула. Данные могут быть учтены администрацией г. Барнаула в разработке мероприятий по организации территории в рамках реализации нового генерального плана города до 2025 г. Также на основании полученных данных могут проводиться другие теоретические и практические исследования загрязнения урбанизированных территорий Алтайского края и Сибири.



## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВДУ – временно допустимый уровень;  
ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения;  
ГОСТ – государственный стандарт;  
ЖБИ – железобетонные изделия;  
ИЗА – индекс загрязнения атмосферы;  
ИНАА – инструментальный нейтронно-активационный анализ;  
ИШПР – инженерная школа природных ресурсов;  
МИНОЦ – Международный инновационный научно-образовательный центр;  
НДС – налог на добавленную стоимость;  
НМУ – неблагоприятные метеорологические условия;  
ОДК – ориентировочно допустимая концентрация;  
ПДК – предельно допустимая концентрация;  
ПДКм.р. – максимальная разовая предельно допустимая концентрация;  
ПК – персональный компьютер;  
РЗЭ – редкоземельные элементы;  
СанПин – санитарные правила и нормы;  
СНиП – строительные нормы и правила;  
ССН – сборник сметных норм;  
ТПУ – Национальный исследовательский Томский политехнический университет;  
ТЭЦ – тепловая электростанция (электроцентр);  
УКИЗВ – удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды;  
ЧС – чрезвычайная ситуация;  
ЭГР – эколого-геохимические работы;  
ЭМП – электромагнитное поле.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	12
1 БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ И СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ .....	16
2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Г. БАРНАУЛА .....	22
3 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Г. БАРНАУЛА.....	32
3.1 Источники воздействия на окружающую среду.....	32
3.2 Состояние атмосферного воздуха .....	36
3.3 Состояние поверхностных вод .....	40
3.4 Состояние почвенно-растительного покрова.....	42
3.5 Функциональное зонирование территории города .....	45
3.6 Медико-экологическая оценка г. Барнаула.....	46
4 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	50
4.1 Отбор и пробоподготовка листьев тополя .....	50
4.2. Аналитическое обеспечение исследований .....	53
4.3 Методика обработки аналитической информации.....	57
5 РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТВЕ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО НА ТЕРРИТОРИИ Г. БАРНАУЛА .....	60
5.1 Особенности элементного состава листьев тополя.....	60
5.2 Ртутная нагрузка .....	73
5.3 Интегральная оценка содержания элементов в листьях тополя .....	76
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	81
6.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности и объемы работ .....	81
6.2 Расчет затрат времени и труда на научно-исследовательскую работу ..	83
6.3 Расчет затрат на материалы для научно-исследовательской работы .....	84
6.4 Расчет затрат на оплату труда .....	84
6.5 Расчет амортизационных отчислений.....	85
6.6 Расчет затрат на подрядные работы.....	86

6.7 Общий расчет сметной стоимости научно-исследовательской работы.	86
7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	88
7.2 Охрана окружающей среды .....	94
7.3 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	95
7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	100
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА .....	105
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	1119

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** На городских территориях комплексы техногенных источников формируют сложную геоэкологическую обстановку, а наличие большого количества промышленных предприятий в зонах жилых районов городов, зачастую функционирующих без соблюдения санитарно-защитных зон и пренебрегающих нормативами, оказывает экологическое давление на все компоненты урбазкосистем.

Необходимость в комплексной оценке состояния компонентов окружающей природной среды вызывают экологические проблемы, связанные с современным процессом урбанизации. Исследованиями установлено, что листва растений является информативным индикатором состояния компонентов окружающей природной среды [46, 66, 84].

Растительность в качестве биоиндикатора состояния окружающей среды способна накапливать различные элементы – тяжелые металлы, радиоактивные элементы [12], редкоземельные элементы, концентрация которых в биосфере становится выше в связи с возрастающим их использованием в производстве. В основном листья растений используются для оценки загрязнения воздушной среды.

Изучаемая территория города Барнаула характеризуется средней степенью техногенной нагрузки. Производственные объекты в городе расположены, в основном, в трех промышленных зонах, две из которых вынесены за пределы селитебных территорий. Загрязнение атмосферы оказывает отрицательное воздействие на здоровье населения, поэтому важно уделять особое внимание проблеме загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий.

**Объектом исследований** являются листья тополя, отобранные на территории г. Барнаула.

**Предметом исследований** является уровень содержания различных химических элементов в листьях тополя, отобранных на территории г. Барнаул.

**Цель работы** - проведение эколого-геохимической оценки состояния территории г. Барнаула посредством изучения элементного состава листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera L.*) и получение результатов о влиянии промышленных предприятий на компоненты окружающей среды с помощью биогеохимических исследований.

**Задачи:**

- поиск и изучение научной и методической литературы по данной теме;
- системное опробование листьев тополя на территории г. Барнаула;
- подготовка проб для лабораторных аналитических исследований;
- определение химического состава проб золы листьев тополя с помощью инструментального нейтронно-активационного анализа;
- оценка содержания ртути в сухой массе листвы тополя методом атомной абсорбции;
- статистическая обработка полученных аналитических данных;
- изучение пространственного распределения выявленных химических элементов на городской территории;
- сделать выводы и выявить возможные источники загрязнения исследуемой территории.

**Научная новизна работы:**

- впервые определен элементный состав золы листьев тополя бальзамического согласно данным ИНАА по г. Барнаулу;
- построены геохимические карты пространственного распределения химических элементов в золе и сухой массе листьев тополя, отражающие современное состояние компонентов окружающей среды г. Барнаула;
- рассчитан аддитивный показатель, отражающий интегральную оценку содержания химических элементов в листьях тополя.

**Практическая значимость работы:** полученные данные могут быть использованы для разработки природоохранных программ и работ в рамках мониторинга окружающей среды; полученные данные могут использоваться с целью прогнозирования экологической ситуации городской среды г. Барнаула; полученные данные могут быть использованы для выявления источников загрязнения окружающей среды и дальнейшего их устранения либо минимизации их влияния.

**Фактические материалы и методы исследования.** Материалы для работы получены в период 2015 – 2018 гг. Всего отобрано, обработано и проанализировано 31 проба листьев тополя бальзамического. Равномерная сеть отбора проб составила 2×2 км, с учетом розы ветров. Пробы отбирались и обрабатывались по стандартным методикам в соответствии с нормативными документами [32,44,94,95].

В ходе работы выполнены определения элементов инструментальным нейтронно-активационным анализом на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т ТПУ (аналитики Богутская Л.В. и Судыко А.Ф.).

Анализ содержания ртути в образцах сухой массы листьев тополя выполнялся в лаборатории микроэлементного анализа в международном научно-образовательном центре «Урановая геология» в Инженерной школе природных ресурсов ТПУ на ртутном анализаторе методом атомной абсорбции.

Результаты лабораторных анализов проб обрабатывались в программах Microsoft Excel, Word, Origin и Statistica, построение и оформление карт распределения химических элементов выполнено с помощью программного обеспечения Surfer и Corel Draw.

**Апробация работы.** Основные тезисы диссертации докладывались на XXII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова (г. Томск, 2018).

**Объём и структура диссертации:** работа состоит из введения, 7 глав, заключения, списка литературы, содержит 26 таблиц, 20 рисунков, приложение. Объём рукописи – 127 страниц машинописного текста.

**Благодарности.** Автор искренне благодарен и признателен научному руководителю, доценту, к. г-м. н., Юсупову Д.В., за поддержку, ценные советы и помощь в выполнении работы, научное руководство и отзывчивость. За ценные советы и помощь в проведении исследований по атомной абсорбции автор благодарит: доцента, к.х.н. Осипову Нину Александровну, к. г-м. н. Ляпину Елену Евгеньевну и аспирантку отделения геологии Турсуналиеву Елену Муратовну. Автор признателен исполнителям аналитических исследований: Судыко Александру Федоровичу и Богутской Ларисе Васильевне. Автор выражает благодарность профессору, д. г-м. н. Рихванову Леониду Петровичу, за незаменимые советы, рекомендации, помощь и внимание к работе. Автор благодарен всем сотрудникам отделения геологии за возможность обучения, помощь и поддержку, ценные советы и рекомендации в ходе выполнения работы.

# 1 БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ И СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ

В процессе повсеместной урбанизации и развития промышленности экологическое состояние окружающей среды, в особенности – урбанизированных территорий непрерывно изменяется. Различные методы изучения городских экосистем и природных сред повсеместно находят применение в научных и прикладных работах, при мониторинге состояния окружающей среды и выявлении причин её загрязнения.

Загрязненные и антропогенно нарушенные территории с позиции биогеохимии иногда рассматриваются как биогеохимические провинции с резким изменением химического состава компонентов среды, что обуславливает применение биогеохимической концепции при индикации и мониторинге загрязнений окружающей среды. В биогеохимических исследованиях основной задачей служит изучение процессов жизни и геохимической среды в единстве в качестве условий, определяющих функции, строение и развитие биосферы [48].

В конце 80-х годов XX в. биогеохимический мониторинг обнаруживает себя как определенный, специализированный научный подход к изучению оценки современного состояния геосистем и ландшафтов и прогноза их изменений под влиянием процессов техногенеза и повсеместного химического загрязнения окружающей среды [35].

В современности биогеохимический мониторинг состояния окружающей природной среды основательно вошли в практику геоэкологических исследований. В основе его лежит изучение и анализ химического состава и специализации биологической массы живых организмов и определение уровня интенсивности аккумуляции загрязняющих веществ. Биогеохимическая оценка способна осуществить



специфическую индикацию антропогенных воздействий и выявить характер поведения поллютантов в окружающей среде.

Элементный состав живого вещества изменяется согласно уровню загрязнения окружающей среды и отражает состояние абиотических компонентов среды: свойств подстилающих горных пород, поверхностных и подземных вод, почвы, атмосферного воздуха, а также климатические характеристики территории [48].

Высшие растения в течение последних пятидесяти лет многократно использовались и до настоящего времени находят применение в мониторинге различных видов загрязнения, в том числе для оценки состояния атмосферного воздуха и почв на урбанизированных территориях и мониторинга городских систем. [71].

После исследований [81, 83], проведенных в 1968 году, использование растений в целях проведения мониторинга получило широкое распространение. В своих исследованиях они использовали мхи для определения загрязнения территории тяжелыми металлами.

Следует взять во внимание, что концентрации химических элементов в живом веществе зависят от большого количества внутренних факторов. Одними из этих факторов, оказывающих значительное влияние, являются биологические особенности и систематическое положение вида. Помимо этого, должна учитываться естественная изменчивость элементного состава организмов в связи с сезонными, возрастными и прочими вариациями. В тканях живых организмов аккумуляция элементов происходит избирательно и не всегда способна корректно отражать интенсивность загрязнения окружающей среды, что говорит о важности в эффективности методов подбора видов для мониторинговых исследований [48].

У растений существуют свои преимущества для мониторинга и оценки состояния окружающей среды, т.к. их элементный состав отражает особенности среды произрастания и локальные загрязнения. Широкое применение древесная растительность получила на урбанизированных

территориях с целью оценки особенностей накопления химических элементов в условиях техногенеза и функционирования промышленных предприятий [40].

Растения проявляют чувствительность к различным видам антропогенных воздействий. Растительность является важнейшим компонентом биогеоценоза, обеспечивающим жизнедеятельность других биотических компонентов. Многие ученые подчеркивают преимущества использования растений для мониторинга и оценки состояния окружающей среды, т.к. их элементный состав отражает особенности среды произрастания и локальные загрязнения, а непосредственно листья деревьев в силу своих морфологических особенностей могут выступать в качестве своеобразного природного планшета, аккумулирующего загрязнение из сопряженных геосферных оболочек, и отражающего интенсивность техногенного воздействия на экосистемы [76].

Обоснование выбора древесных растений сводится к следующему списку преимуществ: легкость идентификации видов – вид растения может быть идентифицирован неспециалистами, широкое распространение на изучаемой территории, что позволяет создать сеть отбора высокой плотности.

Высшие растения произрастают в высоко урбанизированных районах города, что дает им преимущество при выборе объекта исследования, они позволяют производить отбор необходимого для анализа объема пробы [7].

Древесные растения представляют собой особый природный фильтр – они извлекают химические элементы из внешних сред и концентрируют их в своих тканях [36].

Способность тополя к поглощению двуокиси серы является одним из его преимуществ перед другими растениями в исследованиях и применению в качестве зеленых насаждений. Например, установлено, что 1 кг листьев тополя бальзамического за вегетационный период накапливает 18 г  $\text{SO}_2$  [13].

Выделяются такие преимущества тополя для его использования, как:

- повсеместное распространение в пределах природной зоны;
- наличие выраженной реакции (качественной или количественной) на отклонение или изменение окружающей среды от экологической нормы;
- хорошо изучена биология данных видов.

Пыль и аэрозоли загрязняют поверхность листа, что в будущем приводит к перегреву листьев, обеспечивая переход загрязняющих веществ внутрь листьев и наземные пищевые цепи. Листья более чувствительны к загрязнению, так как являются прямыми органами-мишенями для атмосферных загрязнителей, и именно на них наиболее часто наблюдаются симптомы поражения [65]. Установлено, что большая масса загрязняющих веществ в растения поступает из атмосферы [37].

При поступлении поллютантов в лист из окружающей среды их распределение носит неравномерный характер. Большая часть токсикантов распределяется по краю пластинки листа и по проводящей ткани, называемой ксилемой. При медленном поступлении и быстром оттоке по ксилеме, загрязнители накапливаются по периферии и в верхней части листовой пластины [72].

Поглощаемые листьями микроэлементы способны переноситься в другие ткани растения, в том числе в корневую систему, где запасается избыточное количество некоторых элементов. В зависимости от возраста растения, его органов и природы химических элементов скорость их движения в тканях значительно изменяется [36].

Микроэлементы, осевшие на поверхности листа, могут быть вымыты дождевой водой с поверхности листа [78,80]. Через листву происходит также и существенное поглощение железа и ртути [36].

С помощью листвы древесные растения обладают продуктивной способностью улавливать пылеаэрозоли. Благодаря этой функции происходит снижение уровня концентрации мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе, способных оказывать негативное влияние на здоровье

человека, его сердечно-сосудистую и дыхательную системы и на прочие компоненты окружающей среды [77,84].

В отличие от других частей растений, листья чаще выступают в роли объекта исследования. Они являются наиболее пластичными органами растений и с высокой зольностью (5-10%) [38].

Листья сезонных лиственных пород подвергаются воздействию загрязнителей только во время вегетационного периода, что является преимуществом, т.к. даёт возможность определить промежуток времени, за который загрязнители были аккумулированы [74].

Одними из первых, кто стал использовать листья тополя для оценки состояния атмосферного воздуха в районах воздействия промышленности на окружающую среду, были Djingova R., Peshev D., Wagner G., изучавшие распределение тяжелых металлов в Болгарии с применением черного тополя как биомонитора [75].

Исследователями [50] выявлена повышенная чувствительность к атмосферному загрязнению у вяза гладкого, сосны обыкновенной и тополя бальзамического. Листья тополя, березы и других древесных растений используются в рамках биогеохимического мониторинга состояния окружающей среды на урбанизированных территориях, в промышленных центрах [64,73]. С помощью листьев тополя возможно выявлять геохимическую специализацию урбасистем, поскольку листья улавливают такие вещества, как атомарная ртуть, пыль, аэрозоли из приземного атмосферного воздуха и концентрируют химические и радиоактивные элементы из почвенного слоя [73].

Листья тополя – это среда, способная отражать непродолжительное сезонное накопление элементов – до 5 месяцев. Исследованиями [1,12] было выявлено, что листья тополя способны накапливать нетипичные элементы, – например, радиоактивные, выброс которых в атмосферу и улавливанием листьями тополей обусловлено техногенными факторами. С помощью применения листьев тополя как биогеохимического индикатора можно

выявить источники трансграничного переноса химических элементов и следующе за ним т.н. трансграничное загрязнение среды [56].

Помимо изучения трансграничного загрязнения, при изучении листьев тополя была выявлена их способность накапливать специфичные элементы для определенного вида промышленности, находящегося на изучаемой территории, например – выбросы топливноэнергетического комплекса, нефтехимической, металлургической и других видов промышленности [30,73].

Тополь обладает самой высокой устойчивостью к газообразным веществам, устойчивостью к задымлению и высокой газообменной функцией [6]. В отличии от других древесных растений, тополь обладает высокими темпами роста, имеет высокие показатели водоудерживающей способности и имеет высокую интенсивность фотосинтеза на урбанизированных территориях, поэтому тополь рекомендуется для широкого применения с целью улучшения экологического состояния в городской среде [13].

В течении последних десятков лет высшие растения стали применяться в целях мониторинга загрязнения окружающей среды, для оценки состояния и мониторинга загрязнения почв и атмосферного воздуха на урбанизированных территориях [71].

С появлением новых результатов экологических исследований возникла возможность использования зеленых насаждений с целью улучшения состояния окружающей среды и повышения уровня безопасности жизнедеятельности на урбанизированных территориях. Зеленые насаждения, в первую очередь, используются для улучшения условий окружающей среды, и главной их функций является газопоглощение и пылеосаждение [8].

## 2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Г. БАРНАУЛА

Барнаул с 1937 года является столицей и административным центром Алтайского края. Это город краевого значения, крупнейший по количеству жителей город в Западной Сибири, занимающий 21-е место по численности среди городов России. Барнаул – основной промышленный, медицинский, образовательный и культурный центр в Алтайском крае [24].

Барнаул, как главный промышленный узел, имеет мощный машиностроительный, энергетический, химический, металлообрабатывающий, нефтеперерабатывающий комплексы, а также характеризуется такими развитыми отраслями производства, как легкая и пищевая промышленности и стройиндустрия. Предприятия города производят 33% от общего объема продукции всего Алтайского края [24].

Барнаул – крупный транспортный узел, через него проходят Туркестано-Сибирская и Южно-Сибирская железные дороги, автомобильные дороги расположены в направлении всех основных населенных пунктов края, а также в направлении г. Новосибирска, Кузбасса и Казахстана. Воздушные пути связывают город с городами России и зарубежья [26].

Город располагается на юге Западно-Сибирской равнины, в её лесостепной зоне, в северо-восточном районе Приобского плато, на левом берегу в верхнем течении реки Оби, в месте, где река Барнаулка впадает в Обь. Значение абсолютной высоты над уровнем моря составляет, по разным оценкам и в разных точках город, от 130 до 250 м. На севере и востоке города течет река Обь, в юго-западной части города расположен ленточный бор [24].

**Геологическое строение.** Г. Барнаул расположен в пределах Приобского плато, в долине р. Оби и р. Барнаулки. Палеозойский фундамент на этой территории покрыт мощным чехлом мезо-кайнозойских отложений, достигающим сотни метров; они залегают ниже эоплейстоценовых пород кочковской свиты, и расположены глубоко от земной поверхности [51].

Бийско-Барнаульская впадина представляет крупный фрагмент кайнозойского платформенного осадочного чехла Западно-Сибирской плиты [67].

В районе г. Барнаула мезозойская эратема представлена четвертичной системой. Четвертичная система представлена такими подразделами, как плейстоцен и голоцен. Плейстоцен, в свою очередь, представлен разделами эоплейстоцена и неоплейстоцена, а эоплейстоцен представлен отложениями кочковской свиты. На территории Барнаула и прилегающих землях озерно-аллювиальные отложения кочковской свиты в верхней части разреза представлены суглинками, реже – глинами зеленовато-серого или темного синеватого цвета, в нижней части разреза – представлены песками [51].

Неоплейстоценовые отложения представлены нижне-среднечетвертичными озерно-аллювиальными отложениями красnodубровской свит; средне-верхнечетвертичными аллювиальными отложениями русла и поймы р. Оби и надпойменных террас р. Барнаулки; верхнечетвертичными субаэральными отложениями; верхнечетвертичными эоловыми отложениями.

Голоцен на данной территории представлен: современными делювиально-пролювиальными отложениями, современными аллювиальными отложениями русла и поймы Оби и Барнаулки; современными биогенными образованиями; современными техногенными образованиями [51].

Степной Алтай в тектоническом отношении являет собой неотектоническую сложноступенчатую впадину начала четвертичного периода.

Предгорная зона опускания – Предалтайская неотектоническая предгорная впадина – сформировалась перед фронтом Алтайского сводово-глыбового поднятия. Территории Алтайского края, и в частности г. Барнаула, при структурно-тектонической характеристике, расположены на Приобском плато, в пределах южной части Западно-Сибирской плиты.

В тектоническом отношении Приобское плато соответствует Барнаульской и в меньшей степени Бийской структурным террасам, вовлеченным с позднего мела до неоплейстоцена в опускание. За этот период, длившийся около 95 млн. лет, в среднем аккумуляровалось 376 метров осадков. Инверсия, произошедшая в начале неоплейстоцена, способствовала смене опускания на поднятие, продолжающимся и в настоящее время. На Приобском плато амплитуда новейших неоплейстоцен-голоценовых поднятий в среднем составляет 100-15- м.

Средняя скорость поднятия для Приобского плато за указанный период, длительностью приблизительно 35 тыс. лет, составляет 0,3-0,4 мм/год.

Контуры долины в районе Барнаула расположены параллельно крупному глубинному разлому – Барнаульскому краевому шву. Южный участок долины приурочен к зоне сочленения Рубцовой и Бийской структурных террас.

Г. Барнаул не относится как какому-либо рудному району или рудному узлу, и не входит в выделенные на Алтае минерагенические зоны и области, поэтому влияние геологических факторов на привнесение в окружающую среду химических элементов, скорее всего, не играет важной роли [106].

Полезные ископаемые района г. Барнаула представлены месторождениями строительных материалов, таких как песчаный материал и глины, широко используемыми в строительстве, а также подземными водами, как питьевыми, так и техническими, используемыми для питьевого и технического водоснабжения [70].

**Рельеф.** Приобское плато, долины рек Барнаулки и Оби играют важную роль в формировании рельефа Барнаула как важные геоморфологические структуры. На приобском плато расположена большая часть города. Приобское плато – пологоувалистая равнина с перепадами высот от 185 (вблизи границы с долиной реки Барнаулки) до 250 метров в северной части города над уровнем моря. Наклон поверхности приобского



плато направлен с северо-западной в юго-восточную часть города, в сторону долины р. Барнаулки, а в долине р. Оби склон плато крутой и местами обрывистый [24].

Отмечается асимметрия долин рек Барнаулки и Оби. Правый склон Барнаулки и левый Оби – высокие, крутые, тогда как противоположные берега этих рек – пологие, с уступами. Ширина левобережья Оби составляет от полутора до четырех километров, в правобережье пойма простирается до семи километров. В долине Оби склоны крутые, от  $25^{\circ}$  до  $60^{\circ}$ , в некоторых местах – обрывистые, высота от 50 до 110 метров. Склоны подвергаются суффозионным процессам, оврагообразованию, а также плоскостному смыву, неустойчивы [24].

В Барнауле, в районе пристани, в северо-западном направлении от железнодорожного моста располагается пойменная терраса Оби. На юге Барнаула расположена нагорная часть города, представляющая собой водораздел между долинами Барнаулки и Оби. Рельеф местности испещрен эрозионными структурными образованиями мелких и средних размеров, такими как долина р. Пивоварки, мелкие овраги и понижения. Овраг Сухой лог расположен на западной границе города, его протяженность составляет 8 км [9].

В ложбине древнего стока, пересекающей южную часть Барнаула в направлении с запада на восток, течет р. Барнаулка, размеры поймы которой колеблются от 50 до 200 метров. В направлении к северо-западу располагаются три надпойменные террасы, перепад высот над уровнем моря которых составляет от 137 до 185 метров [24]. Наблюдается прижим Барнаулки к левому берегу на территории от её устья вверх по течению Оби и до городского водозабора, высота береговых склонов здесь достигает до 60 метров и выше, что объясняет собой значительные размеры ширины возникающих оползней и обвалов (до 150 м) вдоль береговой линии.

Возле склонов террас Барнаулки и вдоль крутых берегов Оби обнаружены заболоченные участки, образованию которых способствуют, в

наибольшей степени, отсутствующий сток поверхностных вод на отдельных участках при выходе на поверхность толщ глинистых пород [9].

На территории Барнаула и в его пригородах физико-геологические явления и процессы выражаются в виде оползней, оврагов, заболоченных участков и посадочных западин разных размеров. Интенсивное оврагообразование обусловлено склонами рек Барнаулки и Оби [24].

Причиной активного появления оползней является подмыв берегов рек во время паводков [24]. Многочисленные оползни-оплывины обнаружены на территориях ниже железнодорожного моста, в районе ТЭЦ-2 [9].

**Климат.** Для Барнаула характерен континентальный климат, который определяется географическим положением города в юго-восточной части Западной Сибири.

Значительное выхолаживание поверхности и приземных слоев атмосферного воздуха обуславливается влиянием азиатского антициклона в зимнее время года на территорию Алтайского края. При переходе к летнему времени арктический воздух, прогретый в антициклонах, периодически вызывает засухи. Летом деятельность циклонов уменьшается, осенью – возрастает вновь, что характеризуется пасмурной погодой и дождями. Развитие облачности над Барнаулом взаимосвязано с различными атмосферными фронтами. В переходные сезоны года количество облачности увеличено благодаря усилению циклонической деятельности [69].

Для Барнаула характерны тёплый летний сезон и морозный, среднеснежный умеренно-суровый сезон зимы. Самым холодным месяцем года в Барнауле является январь, средняя температура которого составляет -17,5°C, самым тёплым – июль со средней температурой +19,8°C. Годовая амплитуда января и июля достигает до 37,3°C [26]. В августе 2002 и в июле 1953 года зарегистрирован абсолютный максимум температуры в тени, равный +38,3°C, тогда как абсолютный минимум наблюдался в январе 1931 года и составил -51,5°C.

По среднему количеству атмосферных осадков Барнаул относится к зоне с недостаточным увлажнением [24]. Относительная влажность воздуха в теплый период года составляет примерно 62%, в холодный период колеблется от 73% до 76%. Среднегодовое количество осадков равно 539 мм. В тёплый сезон, с апреля по октябрь, их выпадает до 65% от общего числа. Среднее количество дней с выпадением атмосферных осадков составляет около 180, из которых 113 приходятся на осенне-зимний период [26].

В среднем в году 130 пасмурных, 49 ясных и 186 полужасных дней. Суммарная продолжительность солнечного сияния в году – 2180 часов [26].

На рисунке 1 представлена роза ветров за летний период (с 1 июня по 31 августа) 2015 года в Барнауле [107]. Цветами отображена скорость ветра в том или ином направлении. В Барнауле в течение года частыми являются южные, юго-западные и западные ветры.

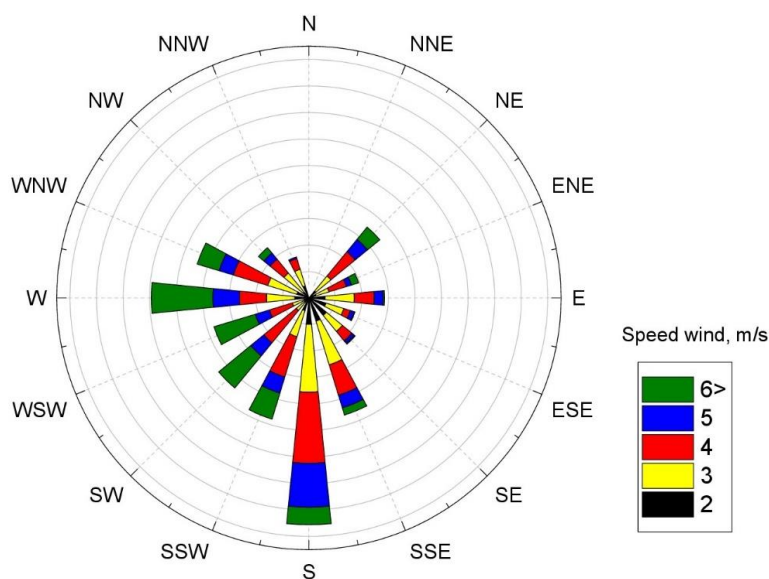


Рисунок 1 – Роза ветров г. Барнаула за летний период 2015 года [107]

В каждом сезоне года преобладающим направлением ветра является юго-западное. В переходный сезон от зимы к летнему времени увеличивается повторяемость северного ветра, летом проявляются как северные, так и южные ветры. Движение низких слоев воздуха в городе затормаживается из-

за высокой шероховатости рельефа и городских ландшафтов, поэтому в районах плотной городской застройки ветер на поверхности земли слабый, тогда как турбулентное перемешивание и порывистость ветра значительно возрастают [26]. Средняя годовая скорость ветра в Барнауле составляет 3,9 м/с [24].

**Поверхностные воды.** Поверхностные воды в г. Барнауле представлены рекой Обью, а также малыми реками первого порядка – Барнаулкой, Ляпихой, Землянухой, второго порядка – Власихой, Пивоваркой и ручьем Сухой лог. Помимо названных водоемов существуют притоки третьего и четвертого порядка.

Р. Обь впадает в Обскую губу в Карском море. Водосборные бассейны рек, которые образуют Обь, практически полностью расположены в пределах Республики Алтай. В границах Барнаула протяженность реки составляет 65 км, площадь бассейна равна 620,5 км<sup>2</sup>. Общее падение воды в Оби равно 159 м, средний уклон водной поверхности составляет 0,044 ‰ [26]. Обь обладает шириной русла, колеблющейся от 450 до 1000 метров. Русло неустойчиво, состоит из песчано-глинистых легко размываемых грунтов. Средняя глубина русла Оби – 4-6 метров, наибольшая глубина не превышает отметку в 12 метров. Вблизи Барнаула Обь проявляет себя как большая равнинная река с расходом воды от 4000 до 6000 м<sup>3</sup>/с [24].

О химическом составе вод Оби можно сказать, что они относятся к гидрокарбонатному классу группы кальция. Величина показателей общей минерализации изменяются от 150 до 900 мг/л, а значения общей жесткости колеблется от 1,9 до 5,8 мг-экв/л. Это говорит о том, что воды Оби относятся к классам средней жесткости и минерализации. Значения водородного показателя (рН) воды Оби изменяются от 8,05 до 9,06, что характеризует реакцию водной среды как слабощелочную. Кислородный режим вод Оби – удовлетворительный [26].

В районе Барнаула русловые процессы Оби характеризуются отличительной спецификой и сложностью протекания. Высокий уровень

деформации русла является одной из главных особенностей, что обусловлено как природными факторами русловых процессов, такими как гидрогеологические особенности водного режима, уклон водной поверхности, состав пронизываемых рекой отложений, так и антропогенными – разработкой карьеров, дноуглубительными работами, возведением берегоукреплений и инженерных сооружений в русле и по берегам реки [24].

В границах Барнаула преобладающими типами русла Оби можно назвать свободные излучины – меандры – плавные изгибы русла равнинной реки, которые развиваются в условиях достаточно широкой поймы. Вогнутые берега таких излучин способны разрушаться со средней скоростью до 12-20 м/год, иногда достигая скорости от 45 до 60 м/год. Вертикальные деформации русла могут достигать скорость 5-12 м/год. Такая интенсивность и активность русловых процессов предопределяет возможность масштабных изменений русла за относительно непродолжительные временные промежутки [24].

Кроме перечисленных водотоков, в Барнауле и на близлежащих территориях существуют такие водоемы, как: р. Пивоварка, р. Власиха, р. Ляпиха, р. Землянуха, р. Лосиха, ручей Сухой Лог, оз. Лебяжье и мелкие притоки [26].

Характеристика водотоков Барнаула представлена в таблице 1 [24]:

Таблица 1 – Характеристика водотоков Барнаула

Водоток		Протяженность реки в границах Барнаула (км)	Площадь бассейна в пределах Барнаула (км <sup>2</sup> )
Порядок	Наименование		
	р. Обь	47	620,5
I	р. Барнаулка	16,7	144,2
I	р. Лосиха	4	8
I	р. Землянуха	5,2	38
I	р. Ляпиха	Водоток не постоянный	
II	р. Пивоварка	11,3	57
II	р. Власиха	7,4	24,4
II	ручей Сухой лог	11	22
III	верхний приток	3,1	9,1
IV	нижний приток	3	11,3

**Почвенно-растительный покров.** Согласно почвенно-географическому районированию г. Барнаул расположен в северо-восточной области черноземов колочной и умеренно-засушливой степи. Развивающиеся в условиях высоких террас левого берега Оби и Приобского плато, черноземы обыкновенные и выщелоченные малогумусные среднесуглинистые представляют собой зональные почвы Барнаула. Структура и состав почвенного покрова большей части территории города представлена вариативными сочетаниями этих почв.

Черноземы территории города обладают благоприятными технологическими качествами и химическими свойствами. Реакция среды почв (рН) в основном нейтральная, мощность гумусового слоя варьируется от 40 до 50 см, а содержание в почвах водорастворимых солей не превышает значения в 0,05% [24].

В Барнауле можно выделить следующие интразональные почвы: подзолистые и дерново-подзолистые, которые развивались в условиях ложбин древнего стока. Выделяются также вариации и их сочетания с черноземами осолоделыми и серыми лесными почвами. По террасам и поймам основных водоемов города (реки Обь, Пивоварка, Барнаулка) располагаются лугово-черноземные, аллювиальные и луговые почвы [24].

Аллювиальные дерновые и аллювиальные луговые слаборазвитые малогумусные почвы обнаружены в широкой пойме Оби. Механический состав этих почв — от песчаных до тяжелосуглинистых. Пойменные территории в основном заняты лугами. В понижениях рельефа сформировались аллювиальные болотные почвы.

Растительный покров Барнаула и прилегающий территорий богат разнообразием видового состава. Эти территории относятся к подзоне южной лесостепи. Коренная растительность представлена степными, лесными и пойменно-луговыми типами растительности.

Барнаульский ленточный бор растет на поверхности ложбины древнего стока. Он растянут на территории Индустриального и Центрального районов

города, его протяженность составляет около 20 км, а ширина от 8 до 10 км. В ленточном бору произрастает около 30 видов древесных пород, основной из них является сосна, а также береза, тополь и осина. Среди кустарников наиболее распространены спирея, ива, малина, карагана древовидная [24].

Растительность территорий городской застройки выражена искусственными зелеными насаждениями в скверах, бульварах и парках, расположенных у общественных сооружений и по осям главных улиц города.

Основными древесными породами, высаженными и произрастающими в городской среде Барнаула, являются береза повислая, клен ясенелистый и тополь бальзамический. На долю этих деревьев приходится более 50% от общего числа древесных насаждений города. Тополь черный, рябина, ель сибирская, береза бородавчатая, черемуха, яблоня, сирень, рябина относятся к менее распространенным, но также представленным породам, произрастающим в городе.

В Барнауле и прилегающих к нему территориях произрастает около 880 видов сосудистых растений, которые относятся к 95 семействам и 413 родам, 31 вид из которых внесен в Красную книгу Алтайского края. В окрестностях Барнаула можно повстречать такие виды растений, внесенных в Красную книгу, как белокрыльник болотистый, росянка крупнолистная, сальвиния плавающая, адонис пушистый, кувшинка четырехугольная, щитовник мужской, кубышка малая, ирис сибирский, ирис сизоватый, пион гибридный (степной), кандык сибирский и другие [24].

Город Барнаул и его близлежащие территории – разнообразный регион в почвенно-геохимическом и геологическом отношении, что следует учитывать при проведении биогеохимической съемки с последующим анализом данных. Экологическая нагрузка на природные среды осуществляется посредством антропогенного воздействия на окружающую среду, что приводит к нарушению поступления элементов в пищевую цепь и их дальнейшего движения и возникновению специфических локальных экологических ситуаций.

### 3 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА Г. БАРНАУЛА

Геоэкологическую обстановку города можно описать как процесс, происходивший с Барнаулом на протяжении всего периода существования города и происходящий в нём до сих пор.

Существуют определенные проблемы, характерные для крупных промышленных населенных пунктов. Разнообразные формы воздействия строительства и эксплуатации объектов в городских системах на абиотические среды, такие как атмосфера, гидросфера и литосфера связаны с определенными особенностями, присущими крупным городам, и основными из них являются:

- внутригородское гидротехническое строительство, результатами которого является появление новых водоемов, водостоков;
- наличие разноэтажной застройки гражданского и промышленного назначения;
- строительство объектов под землей на разных уровнях – переходы, подземные гаражи, метро;
- инженерные сети различной локации (наземные, надземные, подземные), такие как кабели, трубопроводы, теплотрассы и др.;
- различные по площади, весу, условиям эксплуатации виды нагрузок на грунты, например городские автодороги;
- изменения рельефа, появляющиеся при застройке новых районов города, изменении его границ, выражаются в отработанных заброшенных карьерах, свалках, старых неиспользуемых дорогах.

Вышеперечисленные пункты обращают внимание на актуальность и остроту проблем, связанных с геоэкологической обстановкой Барнаула, а также на необходимость детального изучения данного вопроса [49].

#### **3.1 Источники воздействия на окружающую среду**

Основными источниками загрязнения воздушной среды Барнаула являются предприятия теплоэнергетического и машиностроительного



комплексов, нефтехимической и пищевой промышленности, а также городской автотранспорт [26].

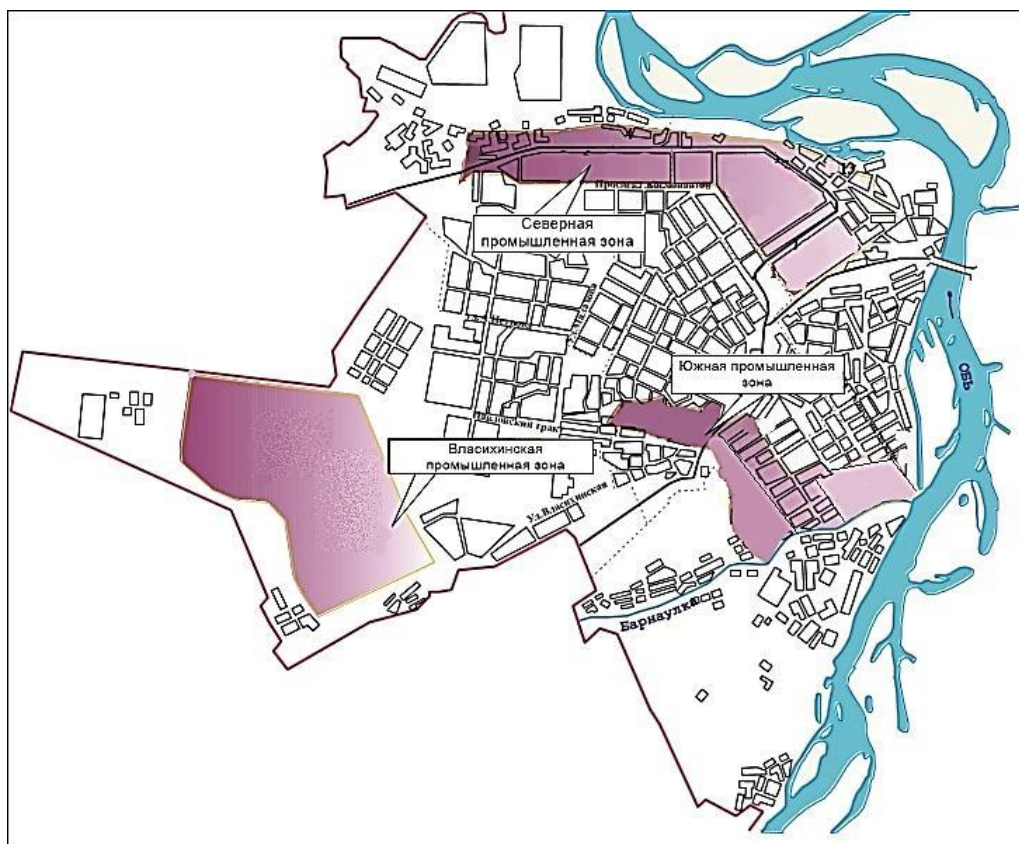


Рисунок 2 – Схема расположения основных промышленных зон на территории Барнаула [3]

Власихинская промышленная зона находится на юго-западной городской границе между Павловским трактом и посёлком Новосиликатным. В этой промышленной зоне преобладают предприятия строительного комплекса – заводы бетонов и железобетонных изделий (ЖБИ-100), заводы строительных материалов, комбинат ЖБИ-25, крупнопанельные домостроения. Здесь расположена ТЭЦ-3, пивоваренный, механический заводы, заводы синтетического волокна, крупяной завод «Интер», а многочисленные складские помещения и базы занимают большие площади. Власихинская промышленная зона расположена неблагоприятно относительно существующей на данной момент розы ветров, несмотря на то, что удалена от основной городской застройки на расстояние около 2 км. В холодный период года юго-западные и западные ветра переносят массы загрязняющих веществ из этой промзоны в жилые районы поселков Урожайный и Новосиликатный, в массивы Ближних, Средних и Дальних Черёмушек.

В северной части города располагается северная промышленная зона, между проспектами Космонавтов и Ленина и границей Приобского плато. В северной промышленной зоне насчитывается около 30 крупных заводов и некоторое количество более мелких предприятий, которые составляют основу промышленности города. Уровень загрязнения воздушного бассейна в этой промзоне резко повышается, относительно остальной части города, из-за скученности основных крупных предприятий города на данной территории. Особенно высокие значения наблюдаются по таким вредным веществам, как фенолы, сероуглерод, сажа, сероводород и формальдегид. Северная промышленная зона, несмотря на то, что обладает благоприятным месторасположением относительно господствующих направлений ветра, примыкает к селитебной городской территории. Её санитарно-защитная имеет недостаточную для выполнения своих функций ширину 150 м и доходит по пр. Космонавтов.

Южная промышленная зона располагается по левобережью рек Барнаулки и Пивоварки, простирается с востока на запад и достигает правобережья Пивоварки. Предприятия в этой зоне располагаются среди жилых зданий, кроме восточной и юго-западных границ промзоны, поэтому данная промзона не имеет санитарно-защитных зон.

Приборостроительный завод «Ротор», «Кристалл», ликероводочный и маслобойный заводы, вагонное депо располагаются вне основных промышленных зон. В целом экологическое воздействие промышленных предприятий города на окружающую среду и различные среды весьма значительное [3].

Источниками загрязнения поверхностных вод являются предприятия, осуществляющие, в соответствии с договорами, заключенными с «Барнаульский Водоканал», водоотведение неочищенных промышленных вод в городские канализационные сети. Перечень организаций, осуществлявших наибольшее водоотведение в городскую систему канализации, представлен в таблице 2 [26]:

Таблица 2 – Предприятия, отводящие неочищенные промышленные воды в городские канализационные сети:

Организация	Количество отведенной воды, тыс. м. куб.	
	2015	2016
«БАРНАУЛЬСКИЙ ВОДОКАНАЛ»	66 801	66 133
Комитет по дорожному хозяйству, благоустройству, транспорту и связи города Барнаула	5 746	7 560
«Барнаульская генерация»	5 703	6 824
«Барнаульская ТЭЦ-3»	4 944	5 000
«Алтайский шинный комбинат»	0	3 226
«Барнаульский завод асбестовых технических изделий»	243	274

Основными источниками загрязнения почв в г. Барнауле являются автотранспорт и теплоэлектростанции [11].

Одним из главных потенциальных источников поступления в городские растения тяжелых металлов и других загрязнителей являются теплоэлектростанции. Зачастую увеличение содержания химических

элементов в городских растениях связано не с поглощением их из почвы, а с абсорбцией из воздушной среды [63].

Помимо указанных источников загрязнения городской среды Барнаула, источником загрязнения территории города может быть трансграничный перенос загрязняющих веществ. Главную роль в трансграничном загрязнении территорий практически повсеместно играют атмосферные выбросы. Например, известно, что на территорию Алтайского края посредством трансграничного переноса попадают такие вещества, как свинец, ртуть и кадмий [16,17].

### **3.2 Состояние атмосферного воздуха**

Атмосферный воздух – важнейший компонент природной среды, выполняющий функцию жизнеобеспечения растений и живых организмов. От качества атмосферного воздуха зависит здоровье людей, состояние растительного и животного мира, и даже таких сред, как почвенный покров. На формирование качества атмосферного воздуха в урбазкосистемах оказывает влияние множество факторов, например – производственная деятельность промышленных предприятий, количество транспортных средств в городе, а также неблагоприятные метеорологические условия [24].

На качество атмосферного воздуха оказывает значительное влияние присутствие в его составе загрязняющих веществ и различных токсикантов, которые различаются по опасности воздействия, по происхождению, по времени жизни, по количественному содержанию. При развитии промышленности, сокращением площадей лесных насаждений, росте численности населения качественный состав атмосферного воздуха ухудшается – увеличивается количество выбросов выхлопных газов автомобилей, растут темпы образования бытовых и производственных отходов и мест их складирования, которые являются источниками загрязнения всех оболочек окружающей среды [42].

В Барнауле его климатические особенности и географическое расположение играют роль дополнительных факторов, ведущих к ухудшению качества воздушной среды города. Рассеиванию загрязняющих

веществ в воздушном бассейне Барнаула препятствуют частота и продолжительность туманов, застои воздуха, малоинтенсивные атмосферные процессы с различными температурными инверсиями. В зимний период времени года в городе часто отмечаются неблагоприятные метеорологические условия (НМУ), которые способствуют накоплению веществ в токсичных концентрациях в атмосферном воздухе, поэтому в определенные дни можно наблюдать повышенное загрязнение воздуха в Барнауле. В дни с преобладающими НМУ концентрации сажи и оксида углерода в несколько раз превышают предельно допустимые нормы, что способствует образованию смога над городом, который чаще всего проявляется в центральной, находящейся в низине, части города. В теплое время года и переходные периоды в городе увеличивается запыленность воздуха за счет примеси почвенной пыли. Основными источниками загрязнения воздушного пространства города являются стационарные и передвижные источники [24].

В Барнауле имеется большое количество источников выбросов аэрозольных и газообразных веществ, которыми являются котельные, работающие на угле, автотранспорт, территории жилых домов частного сектора с преимущественно печным отоплением. Отсутствие обустроенных объездных транспортных магистралей ухудшает сложившуюся обстановку, поскольку транзитный автотранспорт вынужден использовать дороги центральной части города, не обладающие условиями для быстрого передвижения транспорта [3]. По мнению некоторых авторов, автотранспорт в Барнауле является основным источником загрязнения воздушной среды, и его суммарный выброс составляет более 60 % загрязняющих веществ [54].

Содержание химических примесей в газообразных выбросах вариативно изменяется в связи с пространственными и сезонными условиями, и находится в зависимости от особенностей ландшафта, метеорологических условий, расположения предприятий, структуры городской застройки, автотранспортных и железнодорожных путей.

В теплое время года при преобладающих ветрах на территорию Барнаула переносятся зольные выбросы от таких источников теплоэнергетики, как ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, располагающихся в северо-восточной части города. При сильном ветре глинистые и песчаные почвы Барнаула и его окрестностей играют роль источников запыления воздуха [3].

Газообразные вещества от всей выбрасываемой массы загрязняющих веществ в атмосферный воздух антропогенными источниками составляют около 905, твердые и жидкие – 10% [68].

В Барнауле наблюдения за уровнем загрязнения воздушного пространства проводятся на 5 стационарных постах. Наблюдаются 9 примесей: диоксид серы, взвешенные вещества, диоксид и оксид азота, оксид углерода, сажа, сероводород, формальдегид, фенол. Периодичность отбора проб составляет 6 дней в неделю по три раза в сутки – в 7:00, 13:00, 19:00 часов по местному времени. Также определяется содержание тяжелых металлов и бенз(а)пирена. В настоящее время количество действующих постов соответствует минимальному числу.

Для того, чтоб оценить уровень загрязнения, концентрации вредных примесей сравниваются с ПДК, утвержденными Минздравом России или международным стандартом – значениями концентраций, рекомендованными Всемирной Организацией Здравоохранения.

В качестве интегрального показателя, который характеризует качество атмосферного воздуха, принят индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). В 2016 году специалистами Алтайского центра по гидрометеорологии и мониторингу было отобрано и проанализировано 34 876 проб атмосферного воздуха в Барнауле. Уровень загрязнения атмосферного воздуха города в 2016 году по показателю ИЗА оценивается как «высокий», тогда как в предыдущие годы он отмечался как «повышенный».

Повышенный уровень загрязнения городской атмосферы определяют такие вещества, как бенз(а)пирен, сажа, диоксид азота, взвешенные вещества (пыль) и формальдегид.

Исследования качества воздушной среды осуществляются, помимо стационарных, и на передвижных постах наблюдения. В 2016 году в Барнауле проводился мониторинг качества атмосферного воздуха на маршрутных постах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Алтайском крае».

Мониторинг состояния атмосферного воздуха передвижными постами осуществляется по таким веществам, как: взвешенные вещества, аммиак, диоксид серы, сажа, оксид углерода, диоксид азота, диоксид азота, марганец, толуол, сероводород, формальдегид, фенол, фтористые газообразные соединения, серная кислота, бенз(а)пирен, этилбензол, железо, бензол, ртуть.

Доля населения города, на которую оказывается воздействие высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха (с превышением более 5 ПДКм.р.), составляет около 17,5% (более 120 000 человек). На одного жителя Барнаула, в среднем за 2016 год, пришлось по 73 килограмма вредных веществ, выбрасываемых в воздух. Это значение меняется из года в год [26].

Наибольшее количество загрязняющих веществ, выбрасываемых автомобильным транспортом, приходится на оксид углерода – 79,4 %, летучие органические соединения – 10,3 % и оксид азота – 8,9%. Сумма остальных газов составляет менее 1,5% [26].

Воздействие выбросов от автотранспорта и их роль в загрязнении воздушного бассейна городов остаётся ведущей [10]. В настоящее время загрязнение воздушного пространства Барнаула от автотранспорта составляет около 43% от общего объема антропогенных выбросов. Автотранспорт создает зоны с постоянным превышением санитарно-гигиенических норм загрязнения воздуха, что отрицательно сказывается на экологическом состоянии окружающей среды города [29].

В Барнауле уровень загрязнения воздушного бассейна определяется общими выбросами загрязняющих веществ от передвижных (главным образом, от автотранспорта) и стационарных источников. Их общий вклад в загрязнение атмосферного воздуха составляет около 90 000 тонн [26].

### 3.3 Состояние поверхностных вод

За химическим составом поверхностных вод наблюдения проводит Алтайский центр по гидрометеорологии и мониторингу. Периодичность отбора проб для реки Обь в створе, находящимся выше города – один раз в декаду (36 проб), в створе ниже города – ежедневно (594 пробы), для реки Барнаулки – один раз в месяц (12 проб в год). Периодичность определения показателей различна и определяется программой наблюдений в соответствии с гидрологическими фазами водного объекта. Например, для Оби в створе, расположенном ниже городской черты, ежедневно определяются 4 показателя; каждую декаду для Оби в створах ниже и выше черты города проводится определение содержания 8 ингредиентов; для Оби и Барнаулки один раз в месяц проводятся определения 17 загрязняющих веществ [26].

Наибольший вклад в загрязнение поверхностных вод Барнаула вносят такие основные вещества, как железо общее, фенолы летучие и нефтепродукты [26].

В течение нескольких лет класс качества Барнаулки не меняется и соответствует категории «грязная», кислородный режим в реке остается на удовлетворительном уровне. Средние концентрации нефтепродуктов в Барнаулке составляют на 2016 год 3,6 ПДК. В водах Барнаулки в последние годы происходит стабильный рост содержания общего железа, в 2016 году его значения достигли уровня критического показателя загрязненности – средняя концентрация составила 12,9 ПДК, тогда как средняя концентрация фенолов равна 0,4 ПДК [26]. Установлено, что вместе с ливневыми водами с территории г. Барнаула в реку Барнаулку поступает до 9,6 т нефтепродуктов, что может оказать существенное негативное влияние на экологическое состояние речной и других экосистем города, поэтому перед выпуском в природные водоемы ливневые стоки необходимо подвергать тщательной многоуровневой очистке [41].

Мониторинг водных объектов в Барнауле по таким показателям, как объем изымаемой воды из водных источников и объем сбрасываемых



сточных вод, а также по показателям качества таких вод проводится Отделом водных ресурсов по Алтайскому краю Верхне-Обского бассейнового водного управления. Результатами мониторинговой оценки стали установленные данные о том, что водопотребление из поверхностных (и подземных) водных объектов в 2016 году составил 101 450 тыс. м<sup>3</sup>.

Барнаул – один из трех городов в Алтайском крае, в которых осуществляется водоснабжение с использованием вод из поверхностных источников. Из общего объема изъятной воды 18 863 тыс. м<sup>3</sup> изъято из подземных водных источников и 82 578 тыс. м<sup>3</sup> – пресной воды из поверхностных водных объектов [26].

Всего в поверхностные водные объекты в 2016 году было сброшено 89 579 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод и 28 961 тонн загрязняющих веществ. На «Барнаульский водоканал» приходится основная доля сбрасываемой воды, достигающая 73,8 % (66 133 тыс. м<sup>3</sup>) [26].

В пробах, отобранных в пойме Оби, примыкающей к городской территории, выявлено нахождение фенолов и соединений азота в повышенных содержаниях. Воды мелких водотоков Барнаула, таких как реки Барнаулка, не защищены от перманентного техногенного загрязнения. В этих водах обнаружено повышенное содержание селена – 4 ПДК, бора – 1,4 ПДК, марганца – 24 ПДК, урана – в 3,6 раза выше естественного уровня, а также мышьяка и соединений азота (нитратов, нитритов, солей аммония). Значительное загрязнение вод поверхностных водоемов Барнаула происходит в районе свалки твёрдых и промышленных отходов, где обнаружены высокие концентрации кадмия, хлора (6 ПДК), марганца, брома (13-14 ПДК), бора, никеля, бора, диоксида азота и серы (1,8 ПДК), стронция, серебра, селена (0,4 ПДК), а содержание урана в воде в 3,5 раза превышает естественный уровень [19].

### **3.4 Состояние почвенно-растительного покрова**

К эколого-почвенным проблемам относятся аридизация территорий и деградация почвенного покрова. Особенно высокая степень аридизации наблюдается в Приобской зоне [57].

Городские почвы Барнаула подвержены значительным изменениям в связи с градостроительной деятельностью и прочими техногенными воздействиями. Современное состояние почв Барнаула позволяет классифицировать их как техногенно-трансформированные почвы, поскольку в черте города обнаружены нарушения и деформации генетического строения почвенного профиля, изменения основных почвенных свойств. Наиболее изменены и подвергаются изменениям постоянно – черноземы, менее нарушены дерново-подзолистые и аллювиальные почвы. Под воздействием антропогенных факторов активизируются такие процессы, нарушающие почвенный покров, как оврагообразование, просадка грунтов, подтопления и оползневые явления [26].

На территории Барнаула в рамках социально-гигиенического мониторинга, который проводился ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Алтайском крае», на содержание химических элементов в почве (свинец, цинк, кадмий, никель, кобальт, медь) были исследованы в 2016 году 16 проб, в том числе на возбудителей паразитных заболеваний и возбудителей кишечной инфекции 9 проб. Нестандартных проб не было [26].

В отдельных районах Барнаула наблюдается загрязнение почв тяжелыми металлами. Результаты лабораторных анализов почвенных проб, которые были отобраны в рамках исследования радиологических показателей выявили, что как естественных, так и техногенных радионуклидов в почвах города за 2013 год не обнаружено [24].

В почвах Барнаула и примыкающих поймах среднее содержание ртути повышено и равно 0,3 мг/кг, максимальные значения достигают 0,8-1 мг/кг. Это говорит о техногенной природе загрязнения почв данным элементом, который относится к первому классу опасности [19].

В г. Барнауле установлено высокое содержание свинца в почвах. Несмотря на практически полное прекращение применения бензина с добавлением свинца с целью повышения октанового числа Барнаул отличается выраженным накоплением свинца в почвах, но в количестве, не превышающем ОДК для суглинистых почв – 132 мг/кг [4]. Рядом с автодорогами содержание в почвах свинца составляет от 40 до 300 мг/кг. В почвах Барнаула отмечены аномалии содержания свинца – до 70-100 мг/кг, цинка – 500-600 мг/кг, что превышает фоновые значения в 5,6 раз и в 2 раза превышает ПДК, лития – 28,4 мг/кг, что значительно выше фона [19].

В огородных почвах Барнаула во всех пробах почв содержание цинка выше ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) для песчаных почв – 55 мг/кг. Аномально высокими содержаниями цинка в почвах, которые превышают величины ОДК для суглинистых почв – 220 мг/кг – до 3,7 раз отличаются поселок Восточный, который располагается к северо-востоку от северной промышленной зоны города, по направлению преобладающего юго-западного ветра – 820 мг/кг и район бывшего демидовского плавильного завода – 650 мг/кг.

По результатам исследования [5], почвы в пределах северной промышленной зоны Барнаула, в которой расположены ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 существенно не отличаются более высокими содержаниями химических элементов и основных приоритетных элементов-токсикантов от естественных почв сельскохозяйственной и рекреационной зон города и величин ОДК. Работа теплоэлектростанций оказывает значительное влияние на изменение содержание свинца в почвах урбоэкосистем. В почвах окрестностей ТЭЦ содержания ртути в выше фоновых величин [5].

При проведении исследований [20] был выполнен сравнительный анализ городских экосистем по выявлению парагенетических ассоциаций химических элементов в растениях. Было проанализировано до 250 проб растений – полыни и тополя с целью обеспечения репрезентативности полученных данных с помощью факторного анализа и метода главных

компонент факторного ( $\Phi I$  – факторные нагрузки первого порядка,  $D$  – вклад факторных нагрузок в процентах при уровне значимости 95%). Значения факторов ранжировались по степени возрастания коэффициентов биологического накопления и аномальности в исследуемых растениях.

Для Барнаула геохимические ряды ассоциаций и факторные нагрузки тяжелых металлов в растениях принимают следующий вид:

$\Phi I$  тополя,  $D=49\%$ ,  $P_{0,98}$ ,  $Zn_{0,95}$ ,  $Sr_{0,88}$ ,  $Cu_{0,73}$ ,  $B_{0,62}$ ,  $Mo_{0,46}$ ,  $Pb_{0,42}$ ,  $Hg_{0,33}$

$\Phi I$  полыни,  $D=47,6\%$ ,  $P_{0,94}$ ,  $Mo_{0,82}$ ,  $Cu_{0,63}$ ,  $B_{0,60}$ ,  $Zn_{0,57}$ ,  $Mn_{0,51}$ ,  $Sr_{0,40}$

Из приведенной формулы можно отметить, что в экосистемах Барнаула в коре тополя важнейшую роль играют фосфор, цинк и стронций, в полыни – также доминирует фосфор, и такие элементы, как молибден и медь [20].

Аномальные значения в экосистеме Барнаула приобретают элементы, обладающие первым классом опасности – бериллий и ртуть [31].

Интегральным показателем, который отражает поступление веществ от всех близлежащих промышленных предприятий, является химический состав растений и почв в окрестностях ТЭЦ. Но воздействие ТЭЦ на элементный состав растений и почв из всего спектра загрязнений, которые поступают и от других источников, выявить достаточно сложно.

В Барнауле в окрестностях ТЭЦ-2 в растениях наиболее часто встречаются повышенные концентрации элементов. У растений, произрастающих вблизи ТЭЦ-3 наблюдаются меньшие значения концентраций элементов, т.к. при строительстве на ТЭЦ-3 была смонтирована система золоулавливания, оборудование на ТЭЦ-3 – более совершенное, а с начала 90-х годов котлы ТЭЦ-3 переводились на более экономичный тип сжигания топлива.

Исследованиями [5] было установлено, что растения, произрастающие в окрестностях ТЭЦ в Барнауле не отличаются высокими концентрациями свинца. Несмотря на тот факт, что в почвах в районе ТЭЦ-2 Барнаула были обнаружены повышенные концентрации свинца, во всех изученных растениях его содержание было ниже предела обнаружения (2,5 мг/кг).

В растениях, которые произрастают на территории северной промышленной зоны Барнаула, в высоких количествах содержится цинк. Сурепка, редис и лебеда, растущие в окрестностях ТЭЦ-2, отличаются высокими содержаниями цинка. [5]

Как «здоровые», исходя из данных оценки жизненного состояния, оцениваются только 42% исследованных древесных насаждений в Барнауле. Большая часть растений (55%) – кустарников и деревьев – имеют повреждения различного типа. С помощью таких показателей, как охвоенность побегов и линейный прирост ели обыкновенной было выявлено, что самыми неблагополучными в экологическом отношении являются район завода «Геофизика» и центральная часть города, тогда как наиболее благополучные районы – поселок Южный, поселок Научный городок и Индустриальный район [61].

Аномальные показатели по кадмию, свинцу, меди, кобальту и цинку в листьях различных растений и почве обнаружены в центрах промышленных городов, в т.ч. в Барнауле. Это может быть связано с высоким уровнем многолетней нагрузки на окружающую среду движением автотранспорта, что приводит к чрезмерной загазованности и выбросам в атмосферный воздух тетраэтилсвинца и прочих тяжелых металлов в составе выхлопных газов [21].

Исследованиями установлено, что повышенные уровни загрязнения воздуха являются причиной увеличения ширины, длины и площади листьев растений и к сокращению количества жилок на листовой пластине у тополя бальзамического и березы бородавчатой.

Лиственная растительность характеризуется высоким уровнем корреляции морфологических параметров ассимиляционных органов с уровнем загрязнения ( $r = 0,48...0,72$ ), поэтому такие растения могут применяться в качестве эффективного индикатора загрязнения приземного воздушного пространства в рамках одного вегетационного периода [59].

### **3.5 Функциональное зонирование территории города**

В г. Барнауле генеральным планом определено функциональное зонирование городской территории, которое выделяет такие зоны, как: зоны

жилой застройки разного масштаба, общественно-деловые застройки, зоны производственного назначения, зоны инженерно-транспортной инфраструктуры, сельскохозяйственного использования, зоны рекреации и специального назначения. Расположение зон и часть территории города, на которой был произведен отбор проб листьев тополя бальзамического для дальнейшего исследования представлены на рисунке 2 [108]:

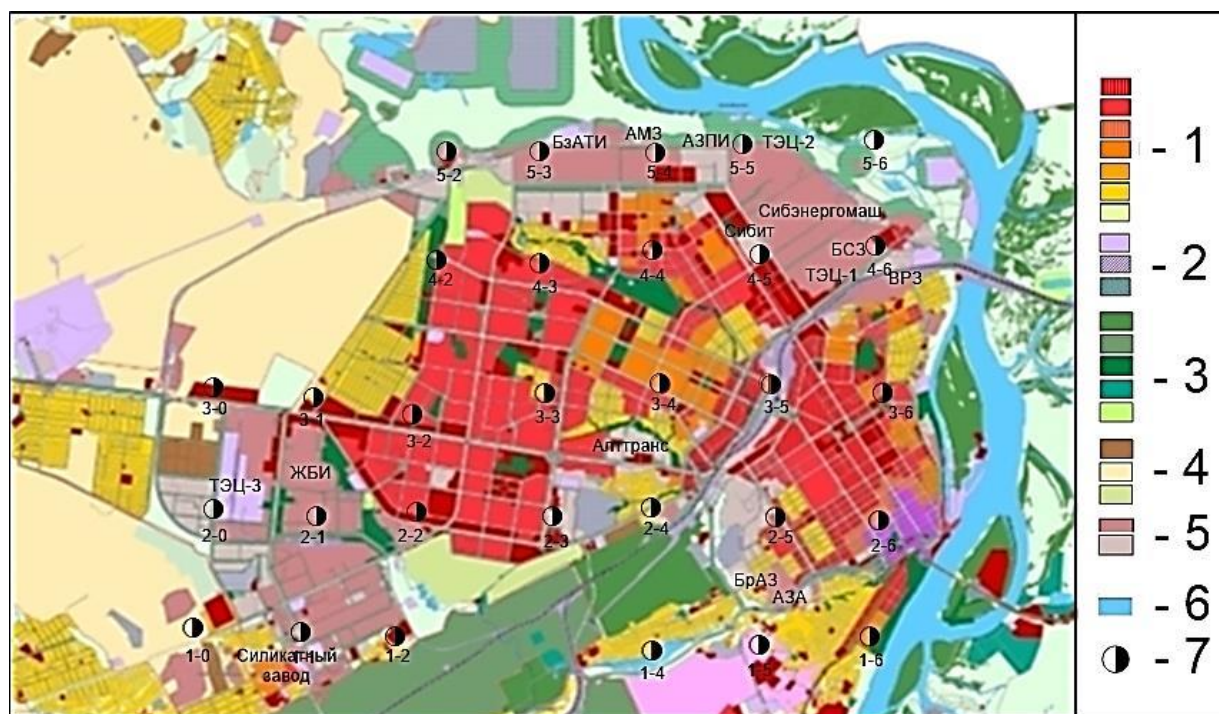


Рисунок 2 – Схема функционального зонирования центральной части города Барнаула с местами отбора проб [108]

Условные обозначения: 1 – жилые зоны разномасштабной застройки; 2 – зоны инженерно-транспортной инфраструктуры; 3 – рекреационные зоны; 4 – зоны сельскохозяйственного назначения; 5 – зоны производственного назначения; 6 – зоны акваторий; 7 – места отбора проб листьев тополя.

### 3.6 Медико-экологическая оценка г. Барнаула

Алтайский край остается в числе лидеров по заболеваемости и смертности от рака [105]. В крае проводятся исследования, направленные на изучение качества продуктов питания и питьевой воды и последствия их потребления, связанные с онкологической заболеваемостью населения.

Данные, проведенные в рамках исследования [27] демонстрируют, что канцерогенный риск (в соответствии с критериями приемлемости риска, рекомендованными в публикациях ВОЗ), рассчитанный по оценке питьевой воды централизованных систем водоснабжения в Алтайском крае находится в зоне второго диапазона (индивидуальный риск в течение всей жизни более  $1,0E-06$ , но менее  $1,0E-04$ ). Данный уровень риска подлежит постоянному контролю [27].

Относительно антропогенных и природных факторов выявлено, что имеет место быть прямая корреляционная связь между онкологической заболеваемостью населения и содержанием в почвах городских территорий свинца, кадмия, хрома и цезия. Среди мужского населения онкологическая заболеваемость зависит от концентраций кобальта в почве [14].

На примере Барнаула в исследовании [47] изучены корреляции между стандартизованными показателями смертности от рака лёгкого у городского населения и концентрацией основных загрязняющих воздушную среду веществ в районах города. Проведен анализ роли факторов окружающей среды в возникновении рака легкого. На примере г. Барнаула продемонстрировано, что наибольший уровень загрязнения атмосферы и наивысшие показатели заболеваемости формируются в районах расположения крупных промышленных предприятий.

На рисунке 3 представлена картограмма, демонстрирующая уровень загрязнения атмосферы по рассчитанному показателю ИЗА. Из рисунка видно, что более всего атмосферный воздух загрязнен в северо-восточной части города, где размещены крупные предприятия и располагается северная промышленная зона. По сравнению с районом, расположенным в противоположной части города с наветренной стороны относительно источников загрязнений, уровень загрязнения в северо-восточной части города выше в 15 раз. Промышленным узлом этой части города обуславливается повышенный уровень загрязнения в граничащих с ним жилых районах.

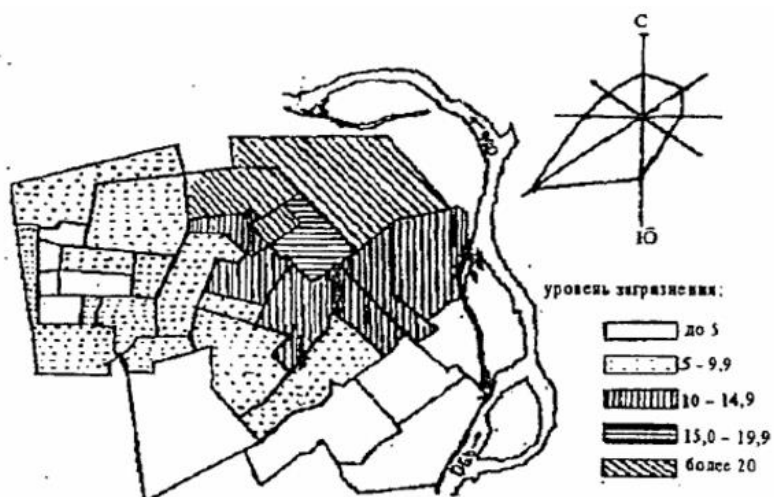


Рисунок 3 – Картограмма загрязнения атмосферы г. Барнаула [47]

На рисунке 4 приведена картограмма смертности от рака легкого среди городского населения Барнаула.

Обнаружено, что районы, обладающие наивысшими значениями показателя смертности от рака легкого, расположены вблизи промышленных предприятий, что нагляднее всего проявляется в районе северной промышленной зоны.

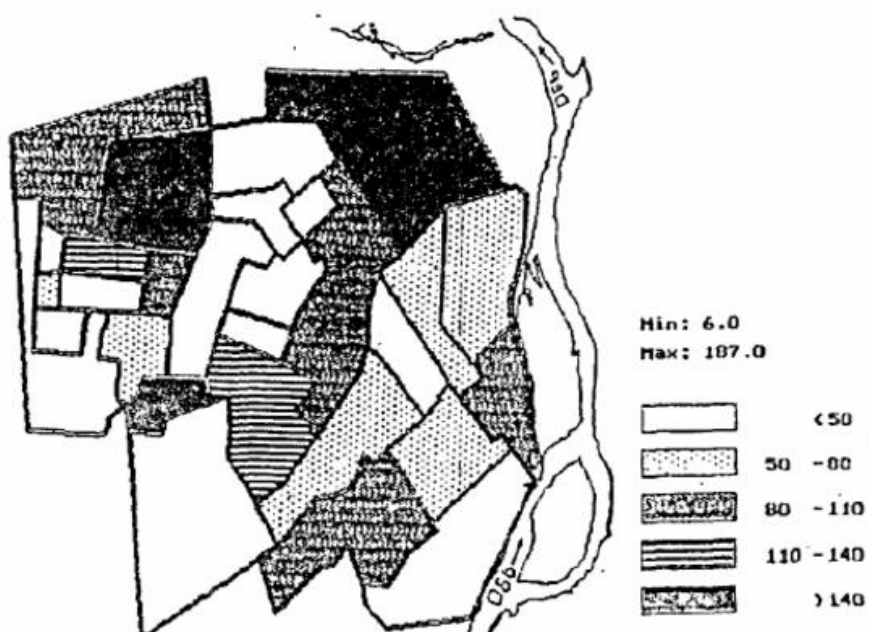


Рисунок 4 – Картограмма стандартизованного показателя смертности от рака легкого населения г. Барнаула [47]



Высокие показатели смертности от рака лёгкого определялись также в зонах с индивидуальной жилой застройкой (с печным отоплением), расположенных в южных и центральных городских районах. Для этих территорий характерно пониженное расположение рельефа местности, что способствует длительному задержанию и накоплению загрязняющих воздушную среду веществ в приземном слое.

Из этого следует, что районы городов с повышенной смертностью от онкологических заболеваний имеют привязку к местам расположения промышленных предприятий различной специализации и территориально совпадают с зонами наиболее сильного загрязнения атмосферного воздуха промышленной пылью и различными токсикантами.

Относительно благополучная ситуация по онкологической заболеваемости наблюдается в районах, которые располагаются по периферии города с наветренной стороны относительно промышленных комплексов, а также в районах с повышениями рельефа [47].

В бассейне Верхней Оби (до устья Томи), где располагается г. Барнаул, сложная биогеохимическая обстановка обуславливается такими факторами, как ракетно-космическая деятельность, разнообразие ландшафтно-геохимических условий, почвенного покрова, разработка различных месторождений, аграрная нагрузка.

В бассейне Верхней Оби биогеохимическая ситуация в целом остается удовлетворительной для проживания людей и ведения хозяйственной деятельности [52].

Из рассмотренных данных можно сделать вывод о том, что основная медико-экологическая проблема, наблюдаемая на территории г. Барнаула, соотносится с одной из важнейших проблем заболеваемости Алтайского края – высокий уровень онкологической заболеваемости населения. Возможно, промышленное загрязнение г. Барнаула имеет прямое отношение к заболеваемости населения, и данные, полученные и проанализированные в данной работе, могут стать подтверждением этой гипотезы.

## 4 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В роли объектов эколого-геохимических исследований на территории г. Барнаула были выбраны листья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.)

### 4.1 Отбор и пробоподготовка листьев тополя

Пробы листьев тополя отбирались на территории г. Барнаула. Биогеохимическая съемка проводилась в конце августа – начале сентября 2015 года. Листья отбирались по равномерной площадной сети, составляющей 2×2 км (рисунок 5). В целом взята 31 проба листьев тополя.

Места отбора проб расположены в различных функциональных зонах, таких как жилые зоны смешанной застройки, зоны производственного назначения с размещением производственных объектов II-III классов, зоны инженерно-транспортной инфраструктуры, вблизи акваторий и в зонах рекреационного назначения.

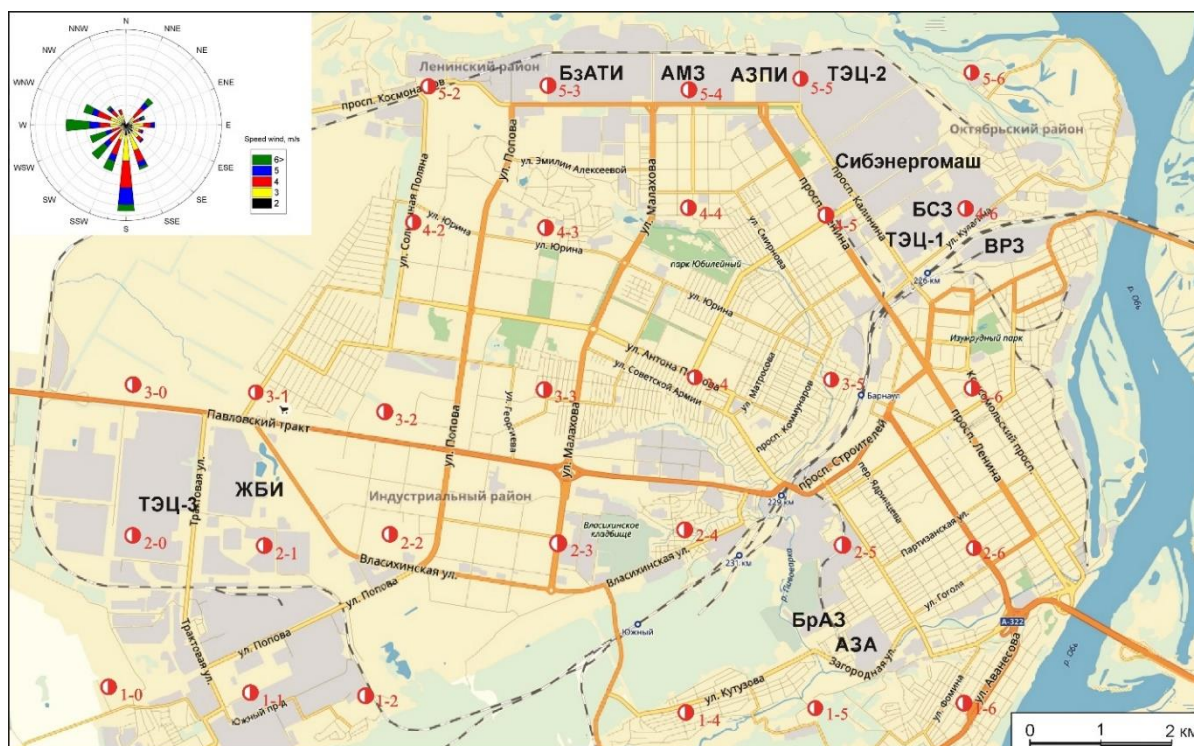


Рисунок 5 – Карта-схема отбора проб листьев тополя на территории г. Барнаула в 2015 году

**Методика отбора.** Пробы листьев тополя отбирались с помощью метода средней пробы. Листья отбирались по окружности в нижней внешней части кроны дерева, на высоте 1,5-2 м над поверхностью земли с примерно одновозрастных взрослых деревьев. Пробоотбор проходил с разных сторон дерева с целью задействования веток разных направлений [32]. Во время проведения отбора проб важным остается точность определения вида растений. Отбор проб производился в тканевых перчатках, для упаковки отобранных проб были использованы крафт пакеты «Стерит» размером 150×250 мм. Каждая проба маркируется – ей присваивается собственный номер, который обозначается на крафт пакете, а также заносится в журнал и отмечается на маршрутной карте. Помимо прочего, на крафт пакете указываются: дата отбора проб, место (координаты или адрес), фамилия исследователя.

В районах интенсивного загрязнения атмосферного воздуха наземная часть растений – листва и ветви деревьев – поглощают оседающий из воздушной среды аэрозоль и различные химические соединения. В зависимости от времени года и погодных условий, включающих дожди, которые смывают с листовых пластин частицы пыли и дыма, и количество пыли и загрязнений на поверхности листьев изменяется. Согласно методике [32], для определения осевших на поверхности листьев загрязняющих веществ пробы листьев не подвергают промыванию, а высушивают сразу в условиях комнатной температуры в закрытом помещении с вентиляцией.

С целью эффективной диагностики загрязнения окружающей среды следует отбирать листья в период наивысшей физиологической активности деревьев.

**Пробоподготовка.** Общая схема подготовки проб листьев для всех анализов приведена на рисунке 6:

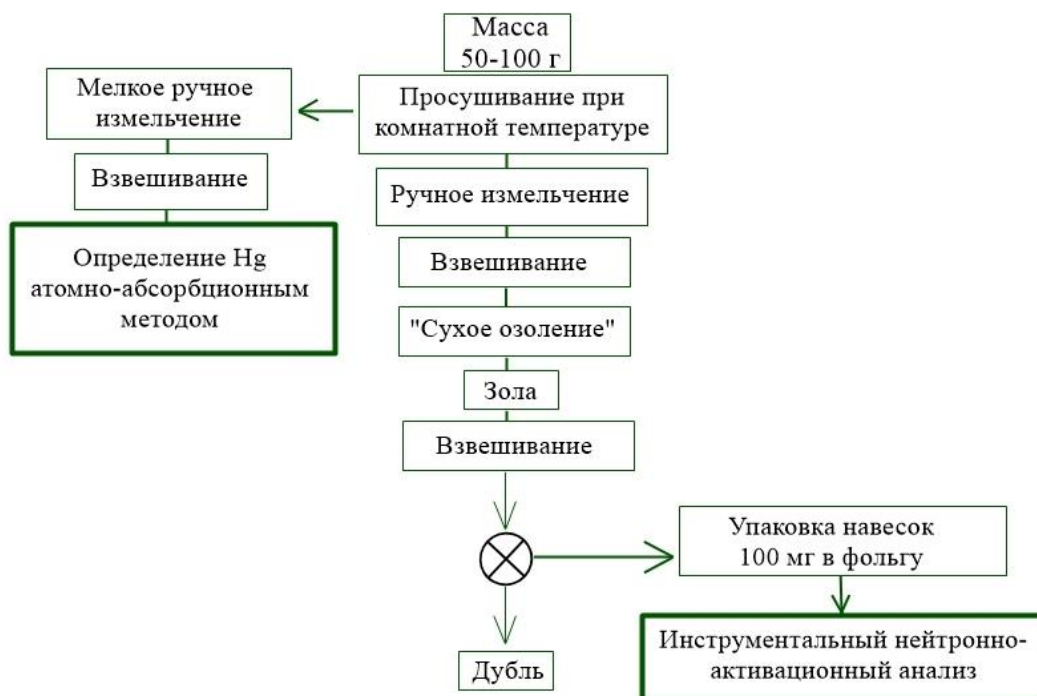


Рисунок 6 – Схема обработки и изучения проб листьев тополя [18]

*Пробоподготовка к ИНАА. Озоление.* Озоление проб листьев древесных растений приводит к получению их концентратов, в которых содержание исследуемых элементов – индикаторов загрязнения возрастает в сравнении с просто высушенными пробами в несколько десятков и сотен раз. Но, несмотря на это, при озолении теряются такие элементы, как ртуть, мышьяк и фтор. Пробоподготовка для анализа включает в себя высушивание листьев в условиях комнатной температуры, отделение черешков от листьев, измельчение, взвешивание, озоление и вновь взвешивание.

Образцы в пробе измельчаются (вручную либо при помощи ножниц). Материал измельчается до максимально возможного состояния, после чего навеску с полученным материалом, равную массе около 10 г помещают в фарфоровый тигель, который размещается на электроплите с заранее заданной температурой в 250 °С, и проводится обугливание до того момента, как проба почернеет и не прекратится выделение дыма. После этого пробы помещаются в муфельную печь, в которой они нагреваются до 250 °С, и каждые 30 минут температура повышается на 50 °С до достижения

температуры в 450 °С. В среднем время озоления каждой партии проб составляет 5 часов.

В требованиях ГОСТа [94] регламентирован температурный режим озоления при способе сухой минерализации. Показателем полного озоления является равномерный цвет золы от белого до пепельно-серого и отсутствие черных углей [1].

Полученная зола растирается в ступке, берется навеска массой  $100 \pm 1$  мг и упаковывается в алюминиевую фольгу высокой чистоты [15], после чего готовые образцы направляются на инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА). Для анализа используются навески именно такой массы, т.к. такая навеска обеспечивает для оператора радиационную безопасность, а также исключает эффект самоэкранирования.

*Пробоподготовка к атомно-абсорбционному анализу ртути.* Подготовка проб к анализу ртути заключается в высушивании проб в условиях комнатной температуры, измельчении изучаемого материала и упаковке в пакеты «zip lock» размером 7×10 см. Прежде, чем начинать работу с прибором, нужно провести измерение стандартного образца – таким образом откалибровать установку. Измерения можно начинать, если при трехкратном повторении измерения стандартного образца нет отклонений [32].

#### **4.2. Аналитическое обеспечение исследований**

Аналитические исследования проводились в лабораториях инженерной школы природных ресурсов ТПУ, МИНОЦ «Урановая геология» и на Томском исследовательском ядерном реакторе в аккредитованной лаборатории ядерно–геохимических методов исследования ТПУ.

**Инструментальный нейтронно-активационный анализ.** Метод ИНАА основан на следующем: стабильные изотопы элементов подвергаются бомбардировке мощным потоком нейтронов и могут превращаться в радиоактивные, в итоге характеризующиеся специфическим излучением. При выделении энергии, которая является постоянной величиной, происходит распад радиоактивных изотопов. Таким образом, после того, как проба

подверглась облучению нейтронами, она начинает излучать  $\gamma$ -лучи с определенной энергией, что говорит о наличии в ней какого-либо элемента. С помощью многоканальных гамма-анализаторов осуществляется анализ составляющих  $\gamma$ -излучение, которые отличаются по энергии [39].

В материале золы листьев тополя определение содержания элементов с помощью ИНАА производилось на 28 элементов по аттестованным методикам (аналитики Л.В. Богутская и А.Ф. Судыко): Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Ag, Sb, Cs, Ba, La, Hf, Ta, Au, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Th, U. Предел обнаружения элементов в пробе, в зависимости от состава матрицы и активационных свойств элементов, может изменяться в интервале от  $n \cdot 1$  до  $n \cdot 10^{-6}$  %.

Нижние пределы обнаружения содержания химических элементов в природных средах представлены в таблице 3.

Сравнение данных ИНАА с аттестованными содержаниями элементов в государственных стандартных образцах (ГСО) показывает их совпадение в пределах стандартного отклонения для всех определяемых элементов (таблица 4). Это подтверждает высокую точность полученных результатов и правильность методики ИНАА [62].

Таблица 3 – Нижние пределы обнаружения содержания химических элементов в природных средах (почва, биота и т.д.)

Элемент	Предел, мг/кг	Элемент	Предел, мг/кг
Na	20	Ba	3
Ca	300	Sb	0,007
Sc	0,002	La	0,007
Cr	0,1	Ce	0,01
Fe	10	Sm	0,01
Co	0,1	Eu	0,01
Ni	20	Tb	0,001
Zn	2	Yb	0,05
As	1	Lu	0,01
Br	0,3	Hf	0,01
Rb	0,6	Ta	0,05
Sr	1	Au	0,002
Ag	0,02	Th	0,01
Cs	0,3	U	0,01

Таблица 4 – Определение абсолютной и относительной ошибки анализа (по данным ИНАА)

Элемент	СО ЛБ-1, г/т	Паспортные данные, г/т	Абсолютная ошибка	Относительная ошибка, %
Sc	0,24	0,3	0,06	25
La	0,68	0,82	0,14	21
Ce	1,49	1,5	0,01	1
Sm	0,139	0,132	0,007	5
Eu	0,023	0,026	0,003	13
Tb	0,02	0,022	0,002	10
Yb	0,074	0,074	0	0
Lu	0,0	0,011	0,001	10
Th	0,19	0,22	0,03	16
U	0,08	0,082	0,002	3

Плотность потока тепловых нейтронов в реакторе составляет  $2 \cdot 10^{13}$  нейтр./( $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ ). Спустя некоторое время после облучения, пробы отправляются в гаммаспектрометр для проведения измерений по интенсивности излучения радиоактивных изотопов. Содержание определяемых элементов рассчитывается сравнением интенсивности гамма-линий соответствующих радионуклидов с интенсивностью стандартного образца (лист березы ГСО 8923-2007, СО КООМЕТ 0067-2008-RU) [55].

**Атомно-абсорбционный анализ ртути.** Пробы листьев тополя были проанализированы на содержание ртути. Анализ проводился в лаборатории микроэлементного анализа в международном научно-образовательном центре «Урановая геология» в инженерной школе природных ресурсов ТПУ. Содержание ртути в образцах проводилось методом атомной абсорбции (метод пиролиза) с использованием ртутного анализатора «РА-915М» с приставкой «ПИРО-915+», предел обнаружения ртути на котором составляет 5 нг/г. С целью контроля стабильности градуировочных характеристик измерений ртути использовался стандартный образец состава листа березы ЛБ-1 (ГСО 8923-2007).

*Методика измерений.* Навеска с пробой, массой от 20 до 40 мг помещается в специальный дозатор, который размещается в атомизатор приставки. В нём происходит пиролиз твердых проб и каталитическое

разрушение соединений матрицы проб. После атомизатора нагретый газовый поток поступает в подогреваемую оптическую кювету, в которой происходит измерение аналитического сигнала. Измерения проводятся таким образом, чтоб их время не превышало двух минут [44].

Управление работой анализатора, регистрация и обработка данных должны осуществляться с помощью персонального компьютера с установленным специальным программным обеспечением [95].

Прямое определение концентраций ртути позволяет проводить использование данного анализатора ртути без предварительной химической пробоподготовки. Анализатор с приставкой позволяет проводить прямой анализ жидких и твердых проб любого состава. Благодаря низкому пределу обнаружения ртути существует возможность проводить измерения содержания ртути в природных и технологических объектах, в сырье, пищевых продуктах и отходах на их соответствие технологическим и санитарно-гигиеническим нормативам [2].

Технические характеристики прибора представлены в таблице 5:

Таблица 5 – Технические характеристики ртутного анализатора «РА-915М» с приставкой «ПИРО-915+»

Пределы допускаемой основной относительной погрешности, $d_0$ , %	$\pm 20$
Верхняя граница диапазона измерений	5 мг/кг
Время анализа	1-5 мин
Допустимые навески проб	10-500 мг

Границы относительной погрешности измерений и технические характеристики показаны в таблице 6:

Таблица 6 – Характеристика погрешностей измерений ртути

Диапазон измерений массовой доли ртути, мг/кг	Границы относительной погрешности $\delta$ ( $P=0,95$ , $n=2$ )*,%
От 2,5 до 25 включительно	$\pm 40$
Свыше 25 до 250 включительно	$\pm 28$
Свыше 250 до 500 включительно	$\pm 20$

\* Соответствует расширенной неопределенности при коэффициенте охвата, равном 2.



### 4.3 Методика обработки аналитической информации

Обобщение результатов аналитических исследований и обработка полученных данных проводилась на персональных компьютерах, в аудитории 541, с использованием таких программ как: «STATISTICA», «Microsoft Office Excel 2013», «Origin 9», «CorelDRAW» и «Surfer».

Коэффициент вариации является наиболее распространенным показателем колебания, используемым для оценки типичности средних величин и рассчитывается по следующей формуле (1):

$$V = \frac{\sigma}{C} \times 100\% \quad (1)$$

где  $V$  – коэффициент вариации;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение;

$C$  – среднее содержание элемента;

Расчёт коэффициента концентрации по формуле (2):

$$K = \frac{C}{C_k} \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент концентрации;

$C$  – содержание элемента в пробе, мг/кг;

$C_k$  – среднее содержание элемента в исследуемой среде для определенного города или геохимический кларк ноосферы, мг/кг.

Для интегральной оценки был использован аддитивный подход:

$$Agi = \frac{\sum Kk(>1,0)}{n} \quad (3)$$

где  $Kk$  – коэффициент концентрации элементов  $>1$ ;

$n$  - число таких элементов.

Коэффициент концентрации рассчитывается относительно медианы [55].

*Статистическая обработка информации.* В первую очередь был проведен расчет числовых характеристик содержания элементов в золе листьев тополя на территории г. Барнаула в программе STATISTICA. Из параметров описательной статистики для выборки по изучаемой территории

выбраны и посчитаны такие числовые характеристики, как: среднее арифметическое, максимальные и минимальные значения, медиана, стандартное отклонение, коэффициент вариации, эксцесс, асимметрия и стандартные ошибки.

С целью проверки распределения химических элементов на принадлежность к нормальному закону распределения проведены три теста: отношение показателей асимметрии и эксцесс к их стандартным ошибкам, Хи квадрат и тест Колмогорова – Смирнова. Если результат уровня значимости  $p$ , полученный на диаграмме, входит в интервал, соответствующий «не значимой» или «слабо значимой» степени – тогда в соответствующую графу в таблице выписывалось «да», что означало, что полученная разница не значима или слабо значима, следовательно, данный элемент подчиняется нормальному закону распределения. Если полученное значение уровня значимости  $p$  соответствовало степени значимости «статистически значимое», «сильно значимое», «высоко значимое», то в соответствующей графе таблицы пишется «нет», следовательно, разница значима, а элемент не соответствует нормальному закону распределения.

Парные коэффициенты корреляции для описания корреляционной связи между содержаниями химических элементов рассчитывались по критерию Пирсона для нормального распределения и критерию Спирмена при отклонении распределения от нормального. При оценке значимости корреляции рассчитывались с помощью счетчика вероятности на уровне значимости  $p=0,05$  для установленного объема выборки.

Проведенный кластерный анализ сводился к разбиению множества элементов на группы, в которые объединяются элементы с наибольшими значениями меры сходства. На первом этапе выявляется наивысший коэффициент корреляции между отдельными парами, потом, с помощью различных методов осреднения, соответствующую пару объединяют в группу. Такой метод парного объединения применяется, пока значения групповых коэффициентов корреляции не достигнут критического

порогового значения  $r_{кр}$ , определяемого с помощью системы STATISTICA по заданному уровню значимости и объему выборки. Результаты кластерного анализа иллюстрируются в виде дендрограммы. Использовался метод Варда.

Были построены граф-ассоциации для наглядного представления геохимического спектра и связей элементов.

Для факторного анализа использовался метод главных компонент. Главными целями этого анализа и данного метода являются сокращение числа рассматриваемых микроэлементов и определение структуры взаимосвязей между микроэлементами. Он выявляет количество и силу факторов, оказывающих влияние на дисперсию содержания элементов [45].

## 5 РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТВЕ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО НА ТЕРРИТОРИИ Г. БАРНАУЛА

### 5.1 Особенности элементного состава листьев тополя

Анализ содержания химических элементов в листьях тополя на территории г. Барнаула, проведенный на основании результатов ИНАА, показал, что их распределение неравномерно и присутствуют аномальные значения некоторых элементов. Об этом свидетельствуют такие статистические показатели, как коэффициент вариации (таблица 7).

Коэффициент вариации позволяет классифицировать исследуемые пробы по степени их изменчивости, отражает меру неоднородности выборки. В статистике, как правило, совокупности, имеющие коэффициент вариации выше 50%, принято считать неоднородными.

Таблица 7 – Статистические параметры валового содержания химических элементов (мкг/г) в листьях тополя бальзамического в г. Барнаул

	Ср. арифм. $\pm$ стд. ошибка среднего	Мин.	Макс.	Экс- цесс	Асим- метрия	Стд. откл.	Ср. геометр	Медиа- на	Коэф. вариации
Na	1488 $\pm$ 213	297	6032	7,22	2,3	1160	1167	1132	79,4
Ca	144511 $\pm$ 3264	81646	173600	4,3	-1,52	17631	143252	147178	12,2
Sc	0,92 $\pm$ 0,08	0,07	0,81	2,41	1,31	0,15	0,82	0,82	53,4
Cr	13,3 $\pm$ 0,8	1,14	24,2	1,39	0,25	4,54	12,2	12,5	34,3
Fe	3257 $\pm$ 280	1329	7909	2,21	1,42	1530	2960	3053	47,6
Co	9,17 $\pm$ 0,56	3,43	15,5	-0,46	0,33	3,13	8,65	9,36	34,7
Zn	1171 $\pm$ 125	132	3066	1,27	0,94	675	959	1206	57,7
As	1,46 $\pm$ 0,19	0,4	5,02	3,41	1,72	1,04	1,18	1,13	71,7
Br	36,1 $\pm$ 5,7	5,52	146	4,67	1,98	30,9	26,3	28,7	86,1
Rb	30,3 $\pm$ 2,5	6,14	55,7	-1,06	0,009	14	26,6	31,7	46,6
Sr	1114 $\pm$ 57	530	1780	-0,48	0,35	314	1070	1091	28,5
Sb	3,32 $\pm$ 1,73	0,55	53,5	30,5	5,5	9,36	1,61	1,33	289
Cs	0,29 $\pm$ 0,02	0,07	0,81	2,41	1,31	0,15	0,26	0,27	53,4
Ba	260 $\pm$ 15	128	452	-0,09	0,72	83,8	248	252	32
La	3,61 $\pm$ 0,52	0,79	15,1	7	2,34	2,93	2,89	2,44	78,6
Ce	5,22 $\pm$ 0,48	1,87	13,9	2,85	1,46	2,65	4,65	4,7	51,4
Sm	1,31 $\pm$ 0,13	0,41	4,01	5,38	2,06	0,73	1,17	1,09	55,5
Eu	0,14 $\pm$ 0,02	0,01	0,61	6,78	2,42	0,12	0,1	0,1	90,3
Tb	0,08 $\pm$ 0,01	0,003	0,33	4,35	1,86	0,07	0,05	0,06	93,4

# Продолжение таблицы 7

	Ср. арифм. $\pm$ стд. ошибка среднего	Мин.	Макс.	Экс- цесс	Асим- метрия	Стд. откл.	Ср. геометр	Медиа- на	Коэф. вариации
Yb	0,25 $\pm$ 0,02	0,01	0,67	0,26	0,72	0,15	0,2	0,22	62,2
Lu	0,04 $\pm$ 0,004	0,004	0,11	1,5	1,09	0,02	0,03	0,03	57,6
Hf	0,39 $\pm$ 0,05	0,04	1,33	2,68	1,62	0,29	0,3	0,32	76,1
Ta	0,06 $\pm$ 0,01	0,006	0,22	0,96	1,23	0,05	0,04	0,05	90,4
Au	0,003 $\pm$ 0,0004	0,0007	0,01	3,1	1,3	0,002	0,003	0,003	59,1
Th	0,61 $\pm$ 0,07	0,02	1,85	2,85	1,3	0,38	0,47	0,55	62,4

Примечание: Все элементы были проанализированы методом ИННА. Из таблицы исключены элементы с превышением в 30% числа значений ниже предела обнаружения (Ag, Nd, U).

Результаты анализа однородности геохимических полей на по данным биогеохимической съемки в соответствии с коэффициентом вариации элементов говорят о том, что: однородные выборки (<50) наблюдаются у Са, Cr, Fe, Co, Rb, Sr, Ва; недифференцированные выборки (50-70) наблюдаются у Sc, Zn, Cs, Ce, Sm, Yb, Lu, Au, Th; сильно неоднородные (70-100) выборки – у Na, As, Br, La, Eu, Tb, Hf, Та; крайне неоднородные (>100) – у Sb.

Диаграмма размаха среднего содержания и разброса минимума и максимума содержания элементов в листьях тополя отображена на рисунке 7:

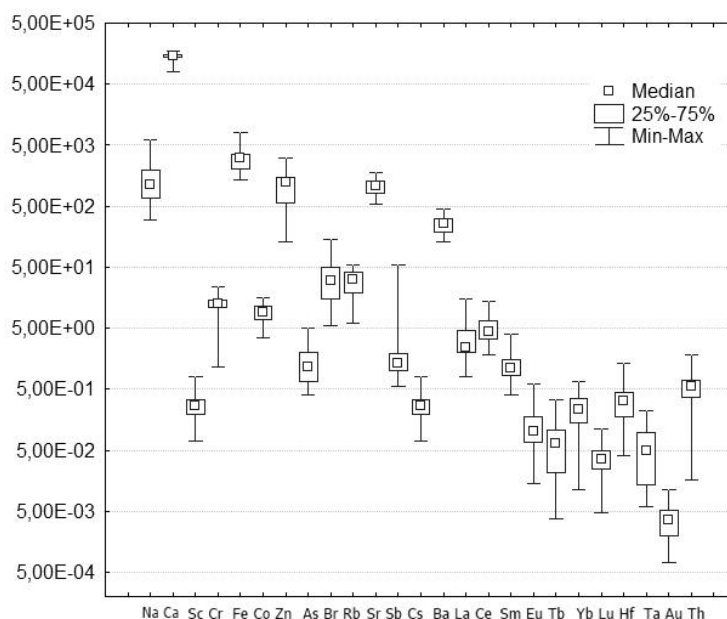


Рисунок 7 – Диаграмма размаха содержания химических элементов в пробах золы листьев тополя на территории г. Барнаула

Оценка принадлежности к закону распределения (таблица 8):

Таблица 8 – Проверка принадлежности распределения химических элементов нормальному закону распределения

Элемент	A (T1)	E (T2)	$\chi^2$ Пирсона	Тест Колмагорова-Смирнова	Соответствие нормальному закону распределения
Na	5,48	8,80	нет	нет	нет
Ca	-3,63	5,24	нет	нет	нет
Sc	3,12	2,94	нет	нет	нет
Cr	0,61	1,70	да	нет	да
Fe	3,39	2,70	да	нет	нет
Co	0,80	-0,57	да	нет	да
Zn	2,25	1,56	да	нет	да
As	4,11	4,16	нет	нет	нет
Br	4,73	5,70	нет	нет	нет
Rb	0,02	-1,29	да	нет	да
Sr	0,85	-0,59	да	нет	да
Sb	13,09	37,18	нет	нет	нет
Cs	3,12	2,94	нет	нет	нет
Ba	1,73	-0,12	да	нет	да
La	5,58	8,42	нет	нет	нет
Ce	3,48	3,48	да	нет	нет
Sm	4,91	6,56	нет	нет	нет
Eu	5,77	8,27	нет	нет	нет
Tb	4,42	5,31	да	нет	нет
Yb	1,72	0,32	да	нет	да
Lu	2,61	1,82	нет	нет	нет
Hf	3,86	3,28	да	нет	нет
Ta	2,93	1,18	нет	нет	нет
Au	3,10	3,78	да	нет	нет
Th	3,11	3,48	да	нет	нет

Таблица демонстрирует, что нормальному закону распределения соответствуют следующие элементы: Cr, Co, Zn, Rb, Sr, Ba, Yb. Остальные элементы – не соответствуют.

Корреляция – связь между двумя переменными. Расчёты таких критериев основаны на формировании парных значений, которые образуются из рассматриваемых зависимых выборок. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена – используемый в работе непараметрический метод, применяемый, если распределение заметно

отличается от нормального (для выборок малого объема) для выделения ассоциаций.

В ходе построения корреляционной матрицы выявлено, что большинство пар элементов имеют значимые связи, для уменьшения количества таких пар искусственно повысили критическое значение корреляции до 0,8.

Полученные коэффициенты корреляции, были проанализированы, выявлены наиболее значимые и результаты представлены в виде граф – ассоциаций элементов на рисунке 8. За основу в целях интерпретации и анализа построенных корреляций элементов была взята классификация элементов Гольдшмидта.

Как видно из рисунка 8, основу составляют литофильные элементы (они обладают сродством к силикатным минералам и расплавам, составляют около 93 % массы земной коры). Литофильность большинства элементов, обладающих значимыми корреляционными связями, может свидетельствовать о естественной природе данных ассоциаций.

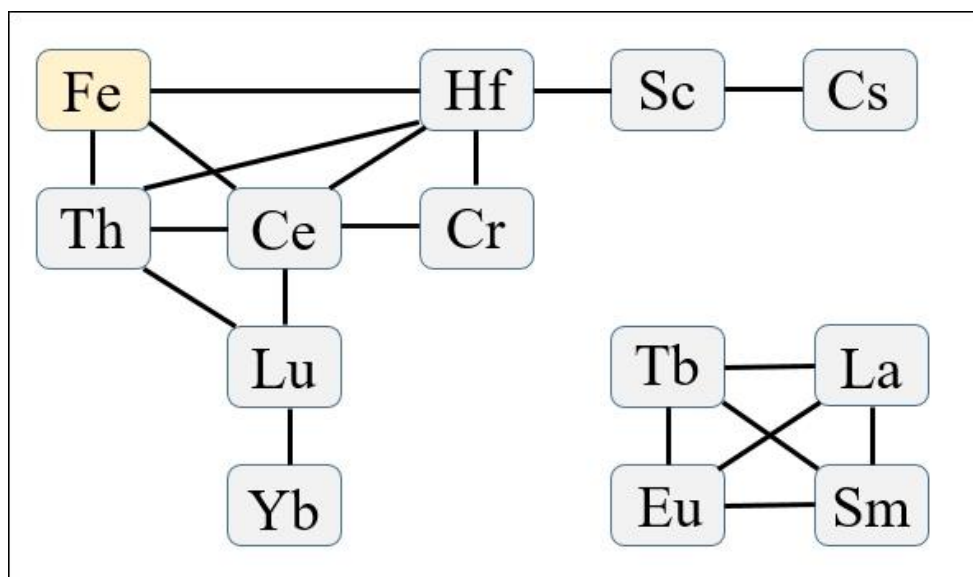


Рисунок 8 – Графы ассоциаций наиболее значимых корреляционных связей химических элементов в пробах листьев тополя

Примечание: сплошная линия – положительная связь, серый – литофильные элементы, оранжевый – сидерофильные элементы

Из 13 выделенных в граф ассоциации элементов 8 относятся к редкоземельным (Sc, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu). Ассоциация элементов Sm-Eu, Sm-La являются представителями цериевого подсемейства [58]. Эти элементы являются редкоземельными и имеют закономерную связь, встречающуюся в природе. Связь Th-Fe также встречается в природе, в частности в ферроторитах [34].

Состав и свойства почвообразующих пород, зависящих от участия в формировании профиля почв, влияют на содержание и соотношение лантаноидов в почвах. В почвообразующих породах с участием моренной составляющей и в почвах, сформировавшихся на них, концентрация РЗЭ ниже, чем в почвах на элювии глин, при этом проявляется тенденция к относительному накоплению тяжёлых лантаноидов [22].

Целью кластерного анализа является объединение большого количества микроэлементов в группы по наивысшим значениям коэффициентов ранговой корреляции.

В данной работе был проведен кластерный анализ методом Варда. Этот метод отличается от всех других методов, поскольку он использует методы дисперсионного анализа для оценки расстояний между кластерами. Сначала выявляют наивысший коэффициент корреляции между отдельными парами, затем соответствующую пару объединяют в группу с помощью различных методов осреднения. Такой метод парного объединения применяется до тех пор, пока значения групповых коэффициентов корреляции не достигнут критического порогового значения  $r_{кр}$ , определяемого с помощью системы STATISTICA по заданному уровню значимости и объему выборки.

Графические результаты кластерного анализа изображаются в виде дендрограммы, в которой по оси абсцисс располагаются символические обозначения химических элементов, а по оси ординат значение  $1 - r$ , соответствующее каждому иерархическому уровню группирования.



Результаты кластерного анализа изображены в виде дендрограммы на рисунке 9.

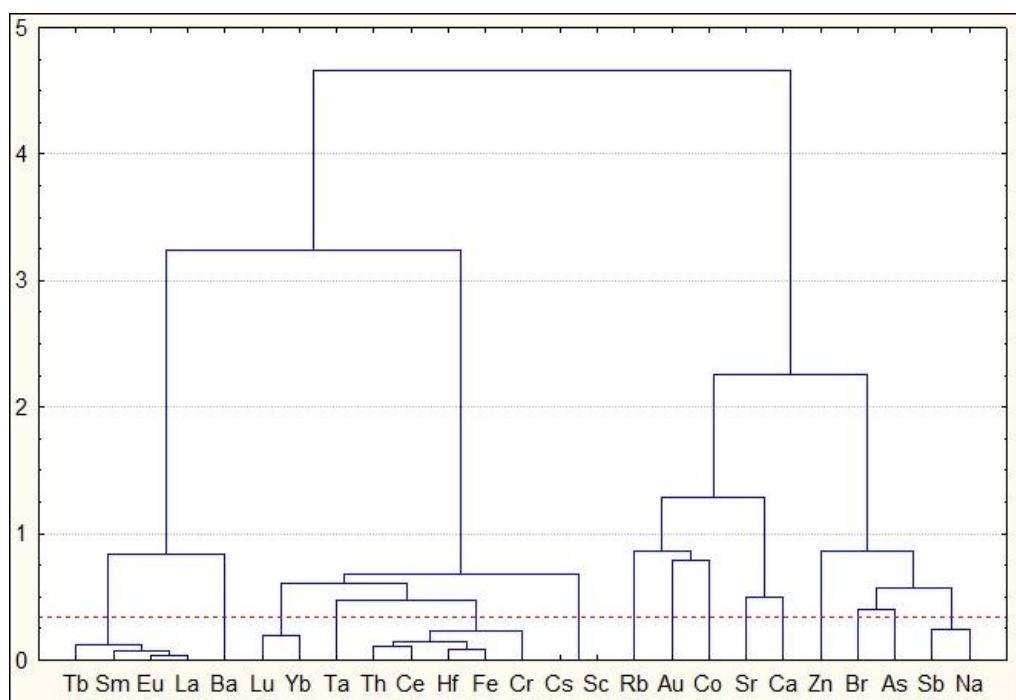


Рисунок 9 – Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в золе листьев тополя

Примечание: красной линией отмечен критический уровень ( $N = 30, 1 - r_{0,05} = 0,34$ )

Наиболее сильные корреляционные связи на дендрограмме установлены для следующих микроэлементов: Eu-La, Sc-Cs, Sm-Eu, Sm-La, Ce-Th, Hf-Fe. Сравнив результаты с граф-ассоциациями, можно сделать вывод, что данные по геохимическим ассоциациям полностью совпадают.

Факторный анализ (метод главных компонент) позволяет определить влияние тех или иных факторов на взаимосвязи между элементами. Главными целями факторного анализа являются сокращение числа рассматриваемых микроэлементов и классификация микроэлементов [45].

Такой анализ позволяет выявить силу факторов и их количество, оказывающих влияние на дисперсию содержания элементов. Анализ в табличном и графическом виде позволяет дать оценку степени влияния различных факторов на выборки. Для оценки степени влияния факторов

были построены таблицы и графики, которые представлены ниже в таблице 9 и на рисунке 10.

Таблица 9 – Вращаемые факторные нагрузки в выбранной 4 факторной модели г. Барнаула (жирным шрифтом выделены высокие факторные нагрузки микроэлементов)

	<b>Фактор 1</b>	<b>Фактор 2</b>	<b>Фактор 3</b>	<b>Фактор 4</b>
<b>Na</b>	0,56	-0,03	0,77	-0,01
<b>Ca</b>	-0,24	0,02	-0,05	0,70
<b>Sc</b>	<b>0,88</b>	0,09	-0,09	0,06
<b>Cr</b>	<b>0,81</b>	0,19	0,07	0,03
<b>Fe</b>	<b>0,94</b>	0,11	0,15	-0,03
<b>Co</b>	0,25	-0,09	0,00	0,51
<b>Zn</b>	-0,15	0,00	0,55	0,05
<b>As</b>	0,10	-0,12	0,75	0,05
<b>Br</b>	-0,17	-0,42	0,70	0,06
<b>Rb</b>	0,45	-0,19	-0,49	-0,06
<b>Sr</b>	0,02	-0,26	0,17	<b>0,87</b>
<b>Sb</b>	0,01	-0,09	<b>0,92</b>	0,06
<b>Cs</b>	<b>0,88</b>	0,09	-0,09	0,06
<b>Ba</b>	-0,09	0,66	-0,19	0,05
<b>La</b>	0,13	<b>0,96</b>	0,03	-0,06
<b>Ce</b>	<b>0,87</b>	0,30	0,17	0,01
<b>Sm</b>	0,12	<b>0,92</b>	-0,04	-0,20
<b>Eu</b>	0,16	<b>0,94</b>	-0,11	-0,01
<b>Tb</b>	0,27	<b>0,86</b>	-0,13	0,00
<b>Yb</b>	0,59	0,64	-0,16	-0,08
<b>Lu</b>	0,76	0,57	-0,03	-0,13
<b>Hf</b>	<b>0,96</b>	0,06	0,04	0,01
<b>Ta</b>	0,73	-0,09	0,03	-0,11
<b>Au</b>	0,30	-0,05	-0,07	0,40
<b>Th</b>	<b>0,90</b>	0,24	-0,05	-0,01
<b>Expl.Var</b>	7,92	5,07	3,25	1,77
<b>Prp.Totl</b>	0,32	0,20	0,13	0,07

Согласно таблице 9, высокие факторные нагрузки микроэлементов распределились по факторам следующим образом:

Фактор 1 – наиболее весомый, составной, характеризуется в основном микроассоциацией редкоземельных элементов, тория, хрома и железа – Sc-Cr-Fe-Cs-Ce-Hf-Th, связанной с Ф1 положительной корреляционной связью.

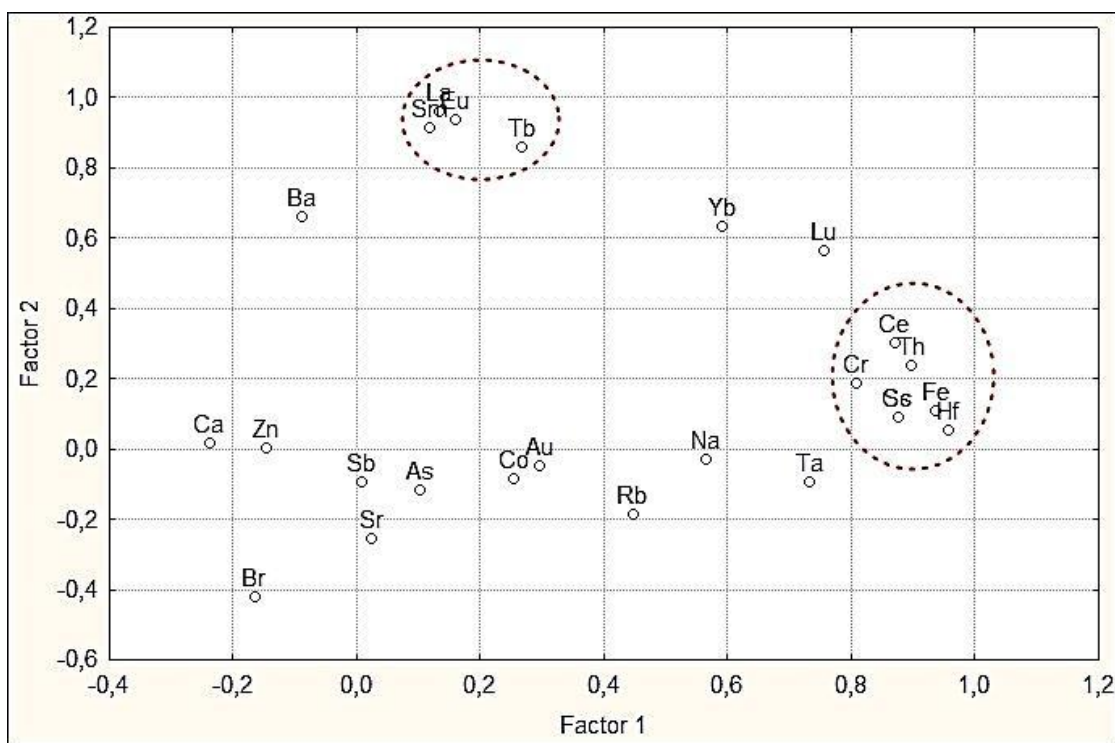


Рисунок 10 – Факторные нагрузки (ось X – первый фактор, ось Y – второй фактор) на общую дисперсию геохимического спектра элементов в золе листьев тополя г. Барнаула

Фактор Ф2 – менее весомый, составной, характеризуется в основном также микроассоциацией редкоземельных элементов La-Sm-Eu-Tb, связанной с Ф2 положительной корреляционной связью.

Фактор Ф3 – характеризуется Sb, связанной с Ф3 положительной корреляционной связью.

Фактор Ф4 – характеризуется в основном Sr, связанным с Ф4 положительной корреляционной связью.

Высокие факторные нагрузки микроэлементов распределились по факторам таким образом, что первый фактор, наиболее весомый, объединяет элементы с наиболее тесными связями, что было выявлено ранее в результате корреляционного анализа и при построении граф-ассоциаций. Вторым и третьим факторами также демонстрируют связь с корреляционным анализом и построением граф-ассоциаций: наибольшая нагрузка каждого из факторов выделяет элементы, отображенные на граф-ассоциации.

Влияние первого фактора на общую дисперсию элементов, вероятнее всего, обусловлено влиянием природных и техногенных источников поступления исследованных элементов, а также отражает специфику геохимического состава пород на территории г. Барнаула (редкоземельные элементы). Четвертый фактор оказывает нагрузку только на Sr, что указывает на то, что данный элемент может иметь свой источник поступления.

Элементный состав листьев тополя отражает геохимическую специализацию территории г. Барнаула и загрязнение окружающей (воздушной) среды, вызванное, в основном, процессами сжигания топлива на ТЭЦ города, что отражено на картах.

Из рисунка 11 видно, что представленные элементы распространены практически по всей территории города. Изменения концентраций Ca и Sr являются результатом сложных процессов: круговорот питательных веществ в почве, осаждение аэрозолей, а также других процессов, включающих геохимический цикл [79,85]. Стоит отметить, что Sr имеет тенденцию замещать в минеральных решетках Ca [82].

Хром распределяется вся территория города, что говорит о том, что хром является специфическим загрязнителем урбанизированных территорий, в т.ч. г. Барнаула. Это связано с нагрузкой от автотранспорта и выбросов выхлопных газов, в которые входит и хром. Кобальт обнаруживает наивысшие концентрации вблизи крупных автодорог и в зоне воздействия ТЭЦ-3, а также в центре Южной промышленной зоны. Это может быть связано с высоким уровнем многолетней нагрузки на окружающую среду движением автотранспорта, что приводит к чрезмерной загазованности и выбросам в атмосферный воздух тетраэтилсвинца и прочих тяжелых металлов в составе выхлопных газов [21].

Высокие концентрации бария в южных районах города могут быть связаны с переносом этого вещества согласно розе ветров с близлежащих садоводств, которые расположены южнее точек загрязнения барием с наивысшими концентрациями, и в которых могут использоваться удобрения, включающие барий.



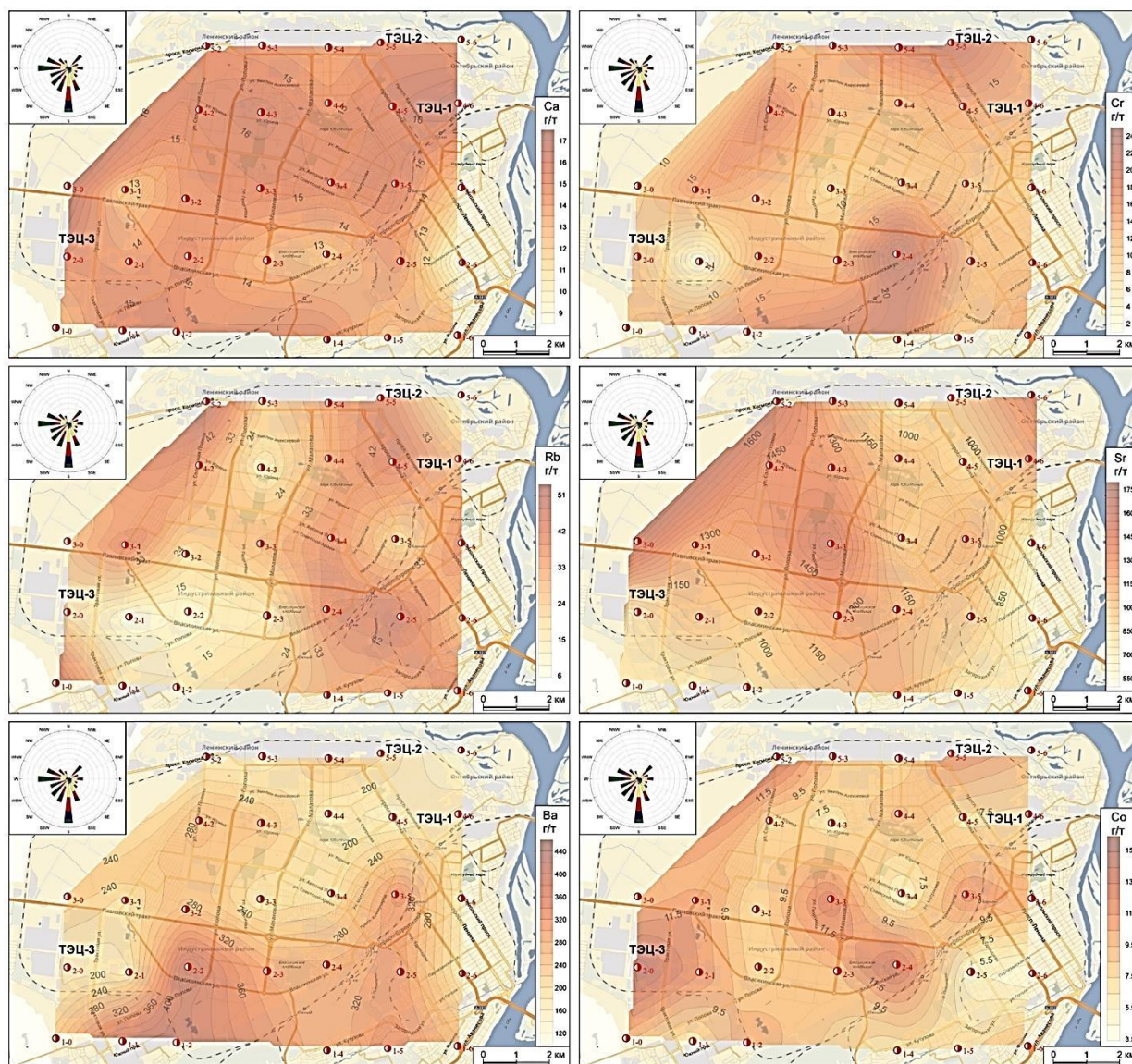


Рисунок 11 – Карты распределения Ca, Cr, Rb, Sr, Ba и Co

Высокие концентрации рубидия по всей территории города связаны с влиянием Южной и Северной промышленной зоны, с переносом загрязнений от ТЭЦ-3. Индустриальный район города, в отличие от высоких концентраций прочих элементов, рубидий не обнаруживает.

На рисунке 12 представлены ореолы распространения As, Br, Na, Sb. Данные карты иллюстрируют локализацию мышьяка, брома, натрия, сурьмы и цинка вблизи точки 5-6, которая расположена непосредственно в Северной промышленной зоне, на территориях влияния ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, а также прочих предприятий промзоны. Также наблюдаются локальные повышения Br в районах малоэтажной жилой застройки, на территории которой



используется печное отопление, что может являться источниками повышенного содержания этого элемента. Не исключается вероятность переноса элементов, отраженных на рисунке 12 от ТЭЦ-3.

В растениях, которые произрастают на территории северной промышленной зоны Барнаула, в высоких количествах содержится цинк по данным прошлых исследований [5].

Sb является характерном элементом для техногенеза, установленная в отходах и выбросах многих производств [33].

На рисунке 13 изображены ореолы Eu, La, Sm и Tb. Eu, La, Sm и Tb являются редкоземельными элементами, и, как видно из рисунка 13, ореол их четко локализован – наивысшие концентрации данных элементов находятся в точке 2-2. Повышенные концентрации представленных элементов в данной точке обусловлены техногенным фактором – переносом элементов от разнорысотных труб (230 и 320 м) от ТЭЦ-3 на расстояния нескольких километров и их выпадением в соответствии с восточными ветрами, которые по силе превосходят южные.

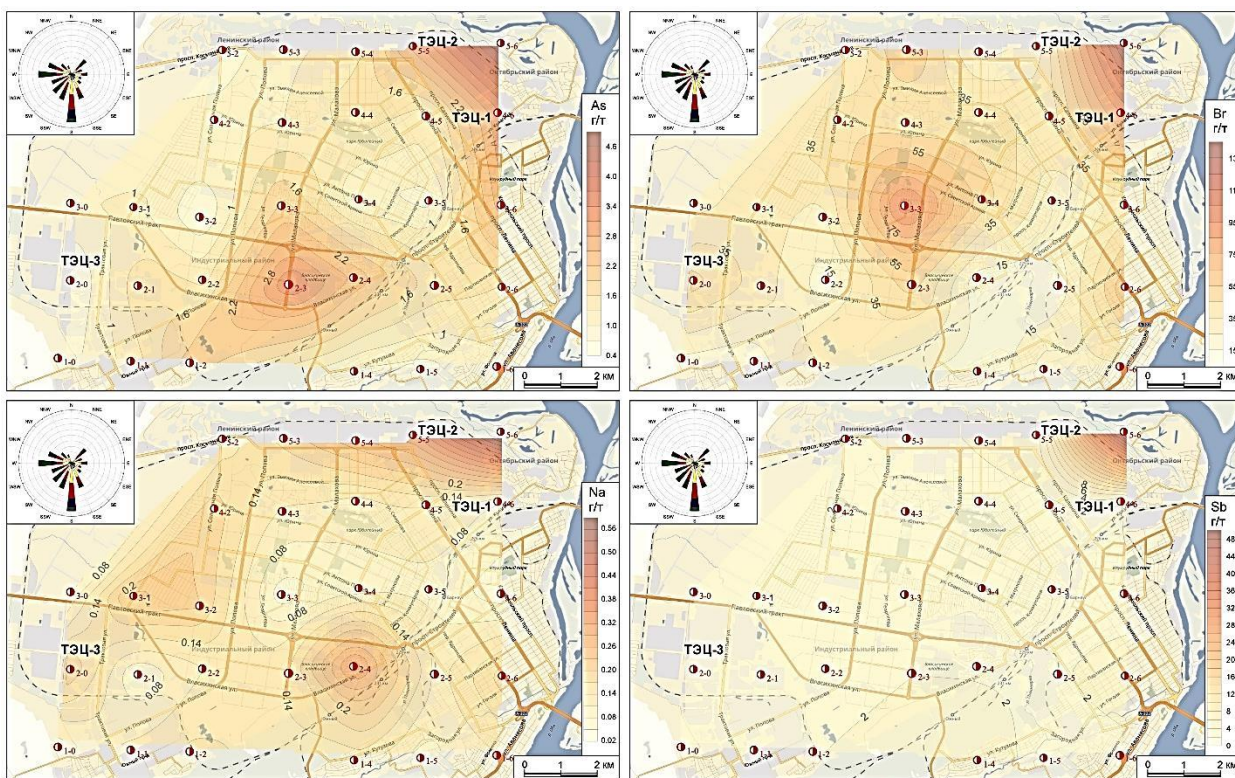


Рисунок 12 – Карта распределения As, Br, Na, Sb на территории г. Барнаула

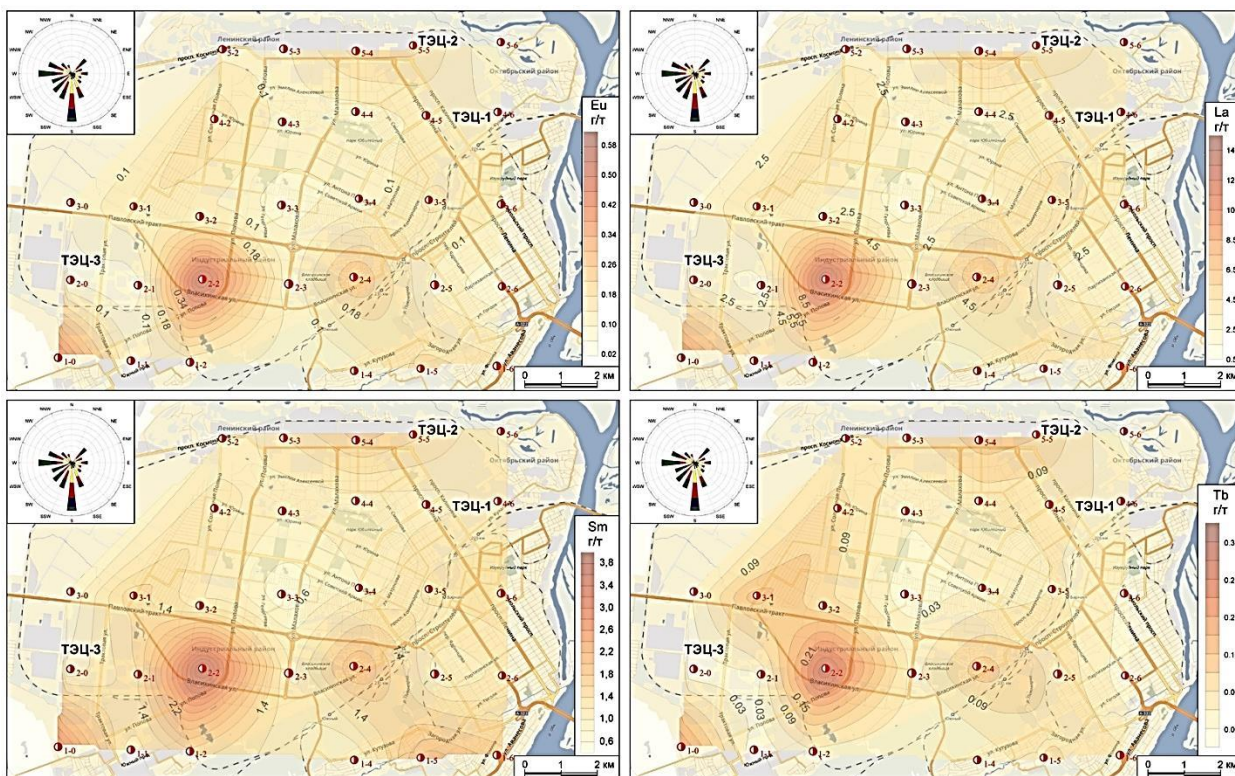


Рисунок 13 – Карты распределения Eu, La, Sm и Tb на территории г. Барнаула

Рисунок 14 отображает ореолы Ce, Cs, Hf, Lu, Sc, Ta, Th и Fe. Многие редкоземельные элементы, а также торий и железо четко локализованы по городской территории: в точке 2-4 наблюдаются повышенные концентрации всех элементов.

Ореолы элементов расположены в зоне одноэтажной жилой застройки, вблизи водоема. В долинах рек, на аллювиальных почвах природные РЗЭ могут иметь повышенные концентрации [43]. Ореолы расположены в центре территории Южной промышленной зоны Барнаула, пересекающей селитебную, что говорит о возможном техногенном загрязнении железом и торием. Ореолы данных элементов могут быть обусловлены также их переносом от ТЭЦ-3 в соответствии с восточными ветрами. Ореолы элементов, представленных на рисунке 14, также наблюдаются в зонах точек 3-1 и 4-2, что вновь перекликается с переносом загрязняющих веществ от ТЭЦ-3 и Власихинской промышленной зоны в соответствии с розой ветров.



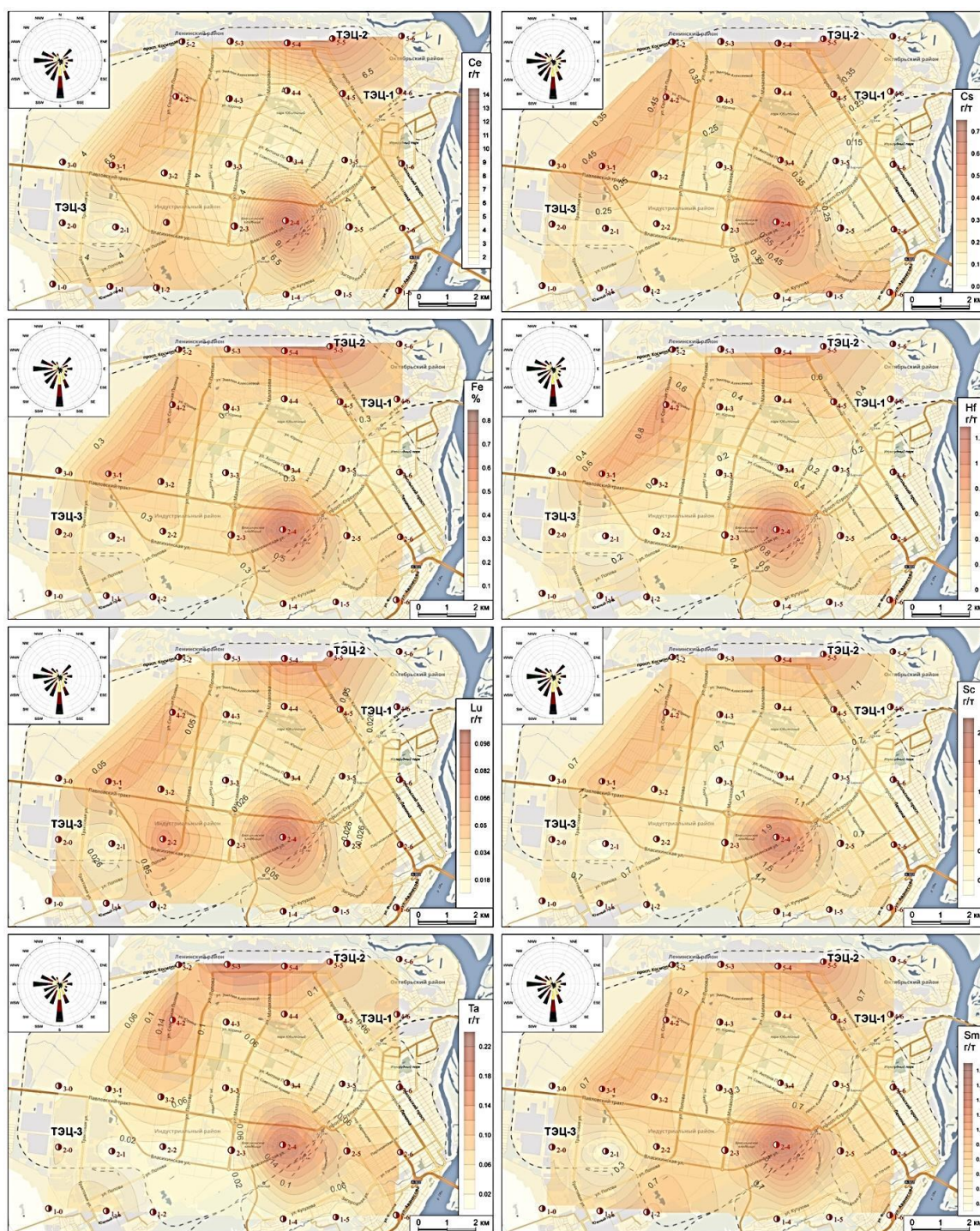


Рисунок 14 – Карты распределения Se, Cs, Hf, Lu, Sc, Ta, Th и Fe на территории г. Барнаула

Повышение концентраций этих элементов в районах точек 5-3, 5-4 связано с воздействием Северной промышленной зоны и предприятий по металлообработке, изготовлению бетонных изделий, металлургии, машиностроению и других промышленных комплексов зоны, что подробнее описано в пункте 5.3 настоящей главы.



## 5.2 Ртутная нагрузка

На основе экспериментальных данных установлены уровень и особенности концентрации ртути в сухой массе листьев тополя.

Среднее содержание ртути в сухом веществе листьев тополя на территории города (таблица 10) – 32,8 нг/г, что практически совпадает с медианой и свидетельствует об отсутствии явных аномальных концентраций и значительном разбросе значений.

Таблица 10 – Статистические показатели распределения ртути (в нг/г)

Среднее	32,8
Стандартная ошибка	2,0
Медиана	30,0
Стандартное отклонение	12,0
Дисперсия выборки	135,2
Эксцесс	0,4
Асимметричность	1,0
Минимум	17,0
Максимум	61,5
Коэффициент вариации	35

На рисунке 15 представлена карта распределения ртути по данным проб листьев тополя в Барнауле. По Добровольскому [23], среднее содержание ртути в сухой фитомассе континентов составляет 0,012 мг/кг (12 нг/г). Относительно этих данных установлено превышение концентрации ртути во всех пробах, максимальное значение ртути в пробах г. Барнаула превышает данные [23] в 5 раз.

Минимальное содержание ртути в выборке (17 нг/г) – ниже среднего уровня содержания Hg в листьях тополя в городах Сибири и Дальнего Востока (25 нг/г) и фоновое значения для Барнаула (31,6 нг/г).

Максимальное содержание ртути – 61,5, 57,1 и 56,5 нг/г установлены в трех точках, одна из которых (61,5 нг/г) расположена в северо-западной части города, подвергающейся переносу загрязняющих веществ в соответствии с направлениями ветра с Власихинской промышленной зоны, на территории которой расположена ТЭЦ-3 – крупная теплоэлектростанция с двумя трубами, высотой 230 и 320 метров.

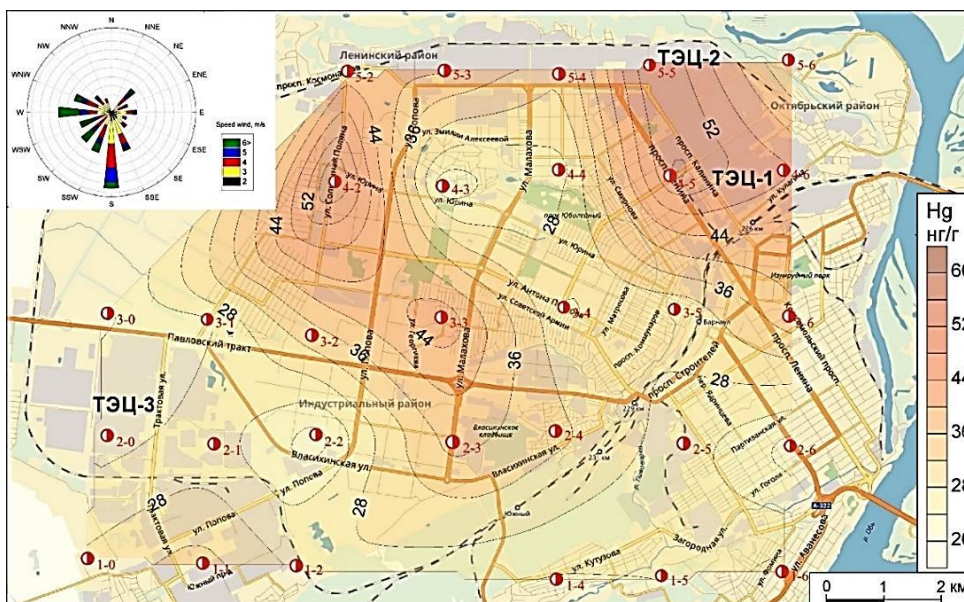


Рисунок 15 – Распределение ртути на территории г. Барнаула по данным опробования сухой массы листьев тополя

Это объясняет перенос загрязнений и их выпадения на более дальние расстояния, чем от труб других ТЭЦ города. Вблизи других крупных источников выбросов не обнаружено, поэтому перенос ртути от ТЭЦ-3 и её выпадение в данном районе наиболее вероятен.

Две другие точки с наивысшими значениями – 57,1 и 56,5 нг/г – расположены в Северной промышленной зоне, в непосредственной близости от санитарно-защитной зоны ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2. Эти значения превышают средние значения в листьях тополя городов Сибири в 2-2,5 раза, но не превышают фон, установленный для г. Барнаула, более, чем в 2 раза.

По данным опробования сухой массы листьев тополя установлен уровень содержания и характер распределения ртути на территории г. Барнаула. Из проанализированных данных следует, что для жизнедеятельности неблагоприятными являются территории, расположенные вблизи санитарно-защитных зон предприятий Северной промышленной зоны и северо-западная часть города, в которой происходит накопление ртути, перенесенной с территории Власихинской промышленной зоны. В центральной части города и в районе Южной промышленной зоны значения

ртути не превышают средний уровень содержания Hg в листьях тополя в городах Сибири более, чем в 2 раза.

В исследовании [53] проведен численный анализ экспериментальных данных на основе малопараметрической модели реконструкции полей длительных региональных выпадений примеси в окрестностях точечного источника по данным опробования г. Барнаула.

По ограниченному количеству точек наблюдений проведена оценка содержания ртути в листьях тополя по направлениям её выноса в атмосферных выбросах ТЭЦ-3 г. Барнаула. На рисунке 16 приведены результаты численного восстановления концентрации ртути в трёх направлениях: северо-восточном, восточно-северо-восточном и восточном. Оценка поля концентрации в каждом из направлений проводилась по одной опорной точке наблюдений (светлый кружок). Остальные точки наблюдений (тёмные кружки) использовались для контроля точности восстановления.

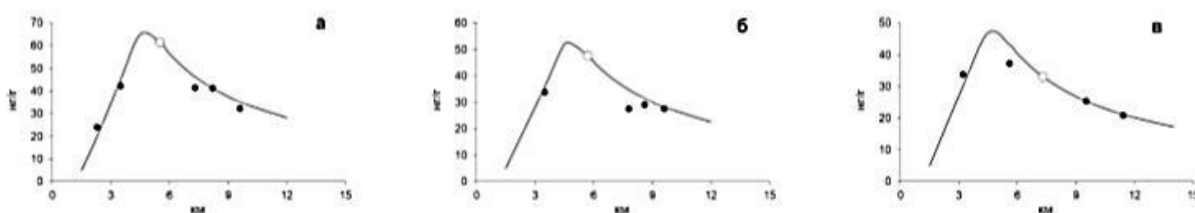


Рисунок 16 – Измеренные и численно восстановленные концентрации ртути (нг/г) в листьях тополя в северо-восточном (а), восточно-северо-восточном (б) и восточном (в) направлениях атмосферных выносов примесей от ТЭЦ – 3 г. Барнаула [53]

Анализ полученных данных выявляет достаточно высокий уровень схожести вычисленных и измеренных концентраций ртути. Максимум приземных концентраций по направлениям выноса от высотных труб ТЭЦ-3 достигается на расстоянии от 4 до 4,5 км, что говорит о преобладающем содержании ртути в составе мелких фракций частиц. Постепенное

уменьшение значений максимумов с поворотом с северо-востока на восток соответствует летней климатической повторяемости направлений ветра.

Помимо описанных источников, причиной повышения содержания ртути относительно регионального фона может быть использование пестицидных удобрений на территориях частных хозяйств внутри городской черты и на садовых и огородных участках на примыкающих к городу территориях.

Причиной загрязнения территории города ртутью и повышенного среднего фона может служить трансграничный перенос загрязняющих веществ. Главную роль в трансграничном загрязнении территорий практически повсеместно играют атмосферные выбросы. По данным [16,17] установлено, что ртуть попадает на территорию Алтайского края посредством трансграничного переноса с территории Восточного Казахстана.

### 5.3 Интегральная оценка содержания элементов в листьях тополя

На первом этапе работы был рассчитан коэффициент концентрации по формуле:  $K=C/C_k$ , где  $K$  – коэффициент концентрации,  $C$  – содержание элемента в пробе (г/г);  $C_k$  – медиана данной выборки [55].

Для дальнейших расчетов использовались только  $K \geq 1,5$ .

В таблице 11 представлены геохимические ряды элементов каждой пробы, основанные на расчетах коэффициента концентрации.

Таблица 11 – Геохимические ряды относительно медианы выборки

<b>Бр-1/0</b>	Eu 4,72	La 4,11	Tb 4,02	Sm 2,79	Yb 2,03	Lu 1,92	Rb 1,64		
<b>Бр-1/1</b>	Zn 1,98	La 1,85	Ba 1,69						
<b>Бр-1/2</b>	As 1,85	Ba 1,73	Yb 1,58	Th 1,54	La 1,5				
<b>Бр-1/4</b>	Sb 2,77	Au 1,98	Cr 1,7						
<b>Бр-1/5</b>	Eu 2,07	Sm 2,03	La 1,93	Cs 1,86	Tb 1,6				
<b>Бр-1/6</b>	Yb 1,9	Hf 1,9	Ta 1,64	Cs 1,63	La 1,61	Au 1,58			
	Eu 1,58	Sm 1,55	Lu 1,53	Th 1,53					
<b>Бр-2/0</b>	Na 1,8	Br 1,74	Co 1,66						
<b>Бр-2/1</b>	As 1,4								
<b>Бр-2/2</b>	La 6,18	Eu 6,06	Tb 5,58	Sm 3,68	Lu 2,81	Yb 2,47	Au 1,82	Ba 1,8	Ce 1,38
<b>Бр-2/3</b>	As 3,05	Au 2,05	Br 1,71						
<b>Бр-2/4</b>	Ta 4,54	Hf 4,16	Lu 3,71	Th 3,38	Sc 3,11	Yb 3,08			
	Na 3,01	Cs 3,01	Ce 2,97	La 2,79	Eu 2,75	Fe 2,59			
	Au 2,42	Tb 2,34	As 2,16	Sm 1,95	Cr 1,93	Co 1,58			
<b>Бр-2/5</b>	Zn 2,2	Ta 1,67	Rb 1,53						

<b>Бр-2/6</b>	Sb 2,57	Br 2,37	Ta 1,96	Au 1,86	Na 1,7	
<b>Бр-3/0</b>	Sr 1,63					
<b>Бр-3/1</b>	Tb 2,8	Hf 2,64	Lu 2,25	Na 2,13	Th 2,01	Cs 1,99
	Sc 1,89	La 1,66	Fe 1,65	Ce 1,55		
<b>Бр-3/2</b>	Na 1,8	Au 1,76	Tb 1,69	Lu 1,57	Ta 1,55	
<b>Бр-3/3</b>	Br 3,57	As 1,77	Sr 1,53			
<b>Бр-3/4</b>	Br 1,76					
<b>Бр-3/5</b>	La 1,9	Eu 1,53				
<b>Бр-3/6</b>	As 2,36					
<b>Бр-4/2</b>	Ta 3,51	Hf 3,09	Lu 2,22	Yb 2,01	Sc 1,91	Th 1,82
	Ce 1,78	Eu 1,78	Tb 1,77	Cs 1,76	La 1,72	Na 1,65
	Fe 1,65	Sb 1,6	Cr 1,55			
<b>Бр-4/3</b>	Sr 1,25					
<b>Бр-4/4</b>	Ta 2	Au 1,73				
<b>Бр-4/5</b>	Au 1,79	Lu 1,66	Hf 1,52			
<b>Бр-4/6</b>	Br 3,08	As 2,69	Ta 2,16	Sb 1,52	La 1,37	
<b>Бр-5/2</b>	Au 3,78	Rb 1,76	Co 1,54	Sr 1,53		
<b>Бр-5/3</b>	Ta 4,07	Br 2,07	Na 1,58			
<b>Бр-5/4</b>	Ta 3,15	Lu 2,65	Hf 2,62	Tb 2,36	La 2,3	Yb 2,24
	Na 2,18	Ce 2,01	Fe 1,99	Eu 1,98	Th 1,98	Sb 1,73
	Cs 1,59	Sm 1,58	Cr 1,53			
<b>Бр-5/5</b>	Na 2,75	Sb 2,52	Ta 2,48	Th 2,4	As 2,37	Lu 2,35
	Hf 2,29	Sc 2,15	Fe 2,14	Ce 2,14	Yb 2,13	Tb 2,08
	Eu 1,96	Cs 1,94	La 1,82	Cr 1,72		
<b>Бр-5/6</b>	Sb 40,2	Na 5,33	Br 5,09	As 4,44	Zn 2,54	

Для интегральной оценки концентраций химических элементов в листьях тополя использован аддитивный подход. Для каждой точки коэффициенты концентрации ( $\geq 1,5$ ) складывались и делились на количество элементов. Результаты представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Значения аддитивных показателей элементов в листьях тополя, г. Барнаул

Проба	Adi по медиане	Проба	Adi по медиане
Бр-1/0	3,03	Бр-3/2	1,67
Бр-1/1	1,84	Бр-3/3	2,29
Бр-1/2	1,64	Бр-3/4	1,76
Бр-1/4	2,15	Бр-3/5	1,71
Бр-1/5	1,90	Бр-3/6	2,36
Бр-1/6	1,65	Бр-4/2	1,99
Бр-2/0	1,73	Бр-4/3	1,25
Бр-2/1	1,40	Бр-4/4	1,86
Бр-2/2	3,53	Бр-4/5	1,66

Бр-2/3	2,27	Бр-4/6	2,17
Бр-2/4	2,86	Бр-5/2	2,15
Бр-2/5	1,80	Бр-5/3	2,57
Бр-2/6	2,09	Бр-5/4	2,12
Бр-3/0	1,63	Бр-5/5	2,20
Бр-3/1	2,06	Бр-5/6	11,53

По рассчитанному аддитивному геохимическому показателю построены карты распределения значений с целью выявления ореолов суммарного загрязнения листьев тополя. Пространственное распределение значений аддитивного показателя Agi1 иллюстрирует рисунок 17.

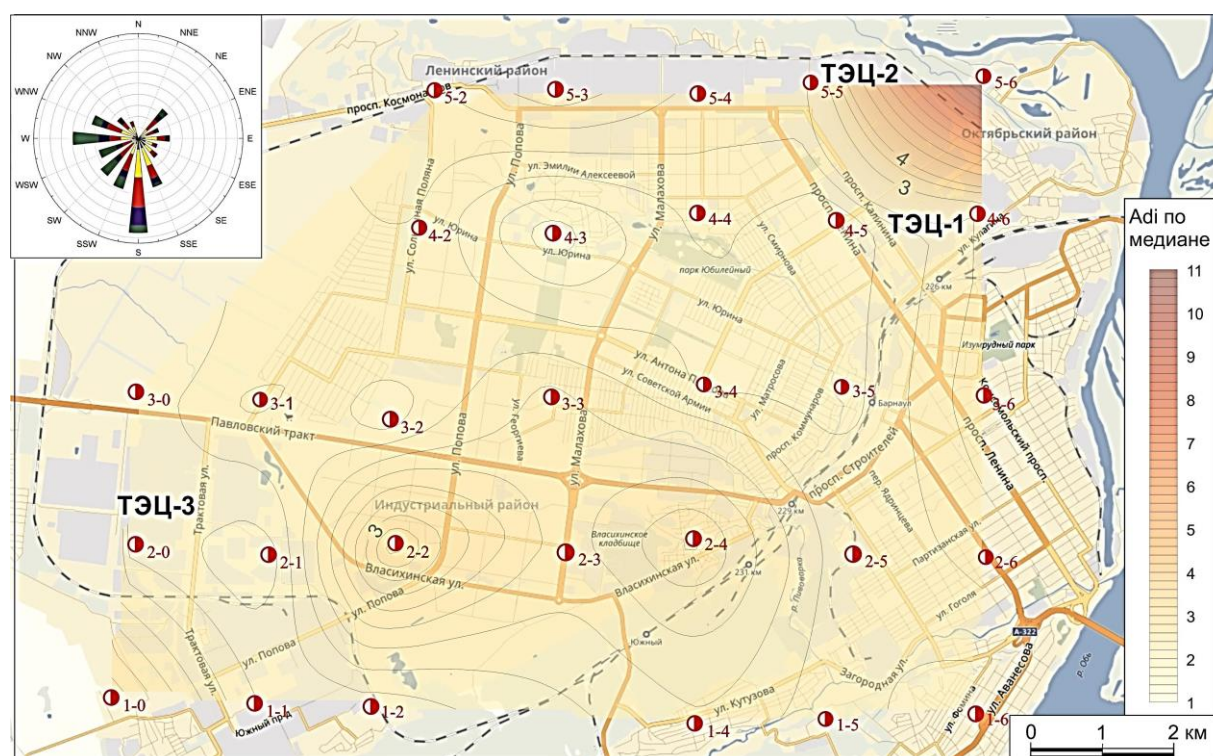


Рисунок 17 – Распределение величин аддитивных показателей химических элементов в листьях тополя с учетом медианы

Максимальные значения аддитивного показателя сконцентрированы в двух точках: 2-2, которая расположена в Индустриальном районе города, подвергающемуся воздействию загрязняющих веществ с Власихинской промышленной зоны, и 5-6, которая находится в непосредственном месте

расположения Барнаульской ТЭЦ-2 и среди предприятий Северной промышленной зоны.

Повышенный относительно других значений аддитивный показатель в точке 2-2 объясняется влиянием Власихинской промышленной зоны (в особенности воздействием ТЭЦ-3). В соответствии с розой ветров и расчетами [53], именно на расстоянии нескольких километров токсиканты воздушной среды осаждаются на листе тополя. В целом аддитивный показатель в Индустриальном районе города выше, чем в других районах, что возможно объясняется расположением крупной магистрали – Павловского тракта – в черте этого района.

В Октябрьском районе города, в пределах Северной промышленной зоны и влияния множества предприятий расположена точка с максимальным значением аддитивного показателя 5-6. В первую очередь, значение этого показателя в данной точке завышено из-за аномально высокой концентрации сурьмы в пробе, отобранной в данной точке. В условиях антропогенного загрязнения окружающее природной среды основными источниками поступления сурьмы в почву являются чёрная и цветная металлургия (выработка сплавов, переработка вторцветмета), приборостроение (электротехническое производство), химическая промышленность. Сурьма может образовывать летучие соединения, поэтому возможен воздушный перенос её на большие расстояния от промышленных районов [109].

Помимо сурьмы, цинк, бром, натрий, мышьяк также обладают в данной точке высокими коэффициентами концентраций. Антропогенные источники цинка вносят вклад в загрязнение атмосферного воздуха вдове больший, чем природные, и основными такими источниками являются цветная и черная металлургия. Цинк выделяется из печей в виде пыли, дыма и пара [28].

Полученные данные говорят о локальном загрязнении этой территории различными промышленными источниками, такими как: предприятия машиностроения и металлообработки (Сибэнергомаш, Барнаульский станкостроительный завод, Алтайский завод прецизионных изделий,

Алтайский моторный завод, Барнаултрансмаш, Алтайский завод самоходных машин), химической и нефтеперерабатывающей промышленности (Барнаульский завод асбестовых технических изделий), промышленности стройматериалов (Барнаульский комбинат железобетонных изделий №1) и прочими предприятиями, расположенными в Северной промышленной зоне.

Таким образом, выявлены зоны негативного влияния на окружающую среду на территории г. Барнаула.



## 6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### **6.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности и объемы работ**

В данном разделе приводиться технико-экономическое обоснование проведения работ по теме выпускной квалификационной работы.

Цель раздела: определить и проанализировать трудовые и денежные затраты, направленные на реализацию данной научно-исследовательской работы. Виды и объем научно-исследовательских работ представлены в таблице 13.

На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда. При расчете необходимо учитывать поправочный коэффициент и категорию трудности местности работы. Расчет был определен с помощью «Инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы» и ССН-93 выпуск 2 «Геолого-экологические работы» [101].

**Полевые работы.** Во время полевого периода производился отбор проб листьев тополя в соответствии с календарным планом: август 2015 г.

**Лабораторные работы.** Лабораторные работы включали озоление сухих проб. Элементный анализ производился подрядчиком методом ИНАА в ядерно-геохимической лаборатории на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета. Также использовался атомно-абсорбционный метод для определения содержания ртути в пробе.

**Камеральные работы.** Камеральные работы заключаются в подготовке проб к анализам, интерпретации результатов и обработке полученных материалов. Вся полученная информация представляется в виде отчета в соответствии с техническим заданием и требованиям к эколого-геохимическим исследованиям. Период данного типа работ составил с сентября 2015 г. по май 2018 г.

Таблица 13 – Технический план

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм.	Кол-во		
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проба	32	Отбор проб листьев тополя осуществляется на территории г. Барнаула	Бумажные (крафт) пакеты, тканевые перчатки
2	Проведения маршрутов при эколого-геохимических работах	км	70	Проведение маршрута и сбор материала	Ручка, журнал
3	Камеральная работа обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)	проба	32	Анализ проб	Анализатор ртути
4	Камеральные работы, обработка материалов ЭГР (с использованием ЭВМ)	проба	32	Обработка баз данных, построение картосхем, построение графиков	Персональный компьютер

Календарный план отражает отдельные этапы и виды планируемых работ (проектирование, полевые, камеральные, лабораторные и другие работы), общую их продолжительность и распределение этого срока по месяцам в пределах запланированного времени (таблица 14).

Таблица 14 – Календарный план-график проведения эколого-геохимических работ

Виды работ	2015	2016	2017				2018				
	август	декабрь	январь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май
Полевые работы	+										
Лабораторные работы		+		+	+	+					
Камеральные работы			+				+	+	+	+	+

## 6.2 Расчет затрат времени и труда на научно-исследовательскую работу

Расчет затрат времени определен с помощью «Инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы» и ССН-93 выпуск 2 Геолого-экологические работы [101].

Расчет затрат времени производится по формуле:

$$N=Q*HBP*K,$$

где N – затраты времени;

Q – объем работ;

HBP – норма времени;

K – коэффициент за ненормализованные условия.

Результаты расчетов затрат времени по видам планируемых работ представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты времени по видам работ

№	Вид работ	Объем		Норма времен и, Н	Коэф- т, К	Нормати вный документ	Итого времени на объем
		Ед. изм.	Кол -во (Q)				
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проб	32	0,0448	1	ССН, вып. 2, табл. 41	1,433
2	Проведения маршрутов при эколого-геохимических работах	км	70	0,101	1	ССН, вып. 2, табл. 44	7,07
3	Камеральная работа обработка материалов ЭГР (без использования ЭВМ)	проб	32	0,0136	1	ССН, вып. 2, табл.59	0,435
4	Камеральные работы, обработка материалов ЭГР (с использования ЭВМ)	проб	32	0,0337	1	ССН, вып. 2, табл. 61	1,078
<b>Итого</b>							<b>10,016</b>

Результаты расчетов затрат времени по сотрудникам представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты времени по сотрудникам

№	Вид работ	Т общ	Геоэколо г	Рабочий
1	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	2,866	1,433	1,433
2	Проведение маршрутов	14,14	7,07	7,07
3	Камеральная работа обработка материалов ЭГР (без использования ЭВМ)	0,435	0,435	-
4	Камеральные работы, обработка материалов ЭГР (с использования ЭВМ)	1,078	1,078	-
<b>Итого</b>		<b>18,519</b>	<b>10,016</b>	<b>8,503</b>

### 6.3 Расчет затрат на материалы для научно-исследовательской работы

Нормы расхода материалов определяются согласно ССН, вып. 2 Геолого-экологические работы [101]. Расчет затрат материалов для камерального периода осуществлялся на основе средней рыночной стоимости необходимых материалов и их количества. Результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Расход материалов на проведение исследований

Наименование и характеристика изделия	Цена, руб.	Норма расхода материала (шт.) 1 месяц работы	Сумма, руб.
Блокнот малого размера	70	2	140
Фломастер	50	4	200
Карандаш простой	10	5	50
Ручка шариковая (без стержня)	30	1	30
Стержень для ручки шариковой	10	5	50
Папка для бумаг	40	2	80
Резинка ученическая	20	1	20
Линейка чертежная	50	1	50
<b>Итого:</b>			<b>620</b>

### 6.4 Расчет затрат на оплату труда

Оплата труда зависит от оклада и количества отработанного времени, при расчете учитываются премиальные начисления и районный коэффициент. Так формируется фонд оплаты труда. С учетом дополнительной заработной платы формируется фонд заработной платы. Итоговая сумма, необходимая для оплаты труда всех работников,

составляется при учете страховых взносов, затрат на материалы, амортизацию оборудования, командировок и резерва. Расчет оплаты труда представлен в таблице 18.

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$ЗП = \text{Окл} * Т * К,$$

где ЗП – заработная плата;

Т – отработано дней (дни, часы);

Окл – оклад (руб.);

К – коэффициент районный.

$$\text{ДЗП} = ЗП * 7,9\%,$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\text{ФЗП} = ЗП + \text{ДЗП},$$

где ФЗП – фонд заработной платы (руб.).

Дополнительная заработная плата равна 7,9% от основной заработной платы, за счет которой формируется фонд для оплаты отпуска.

Таблица 18 – Расчет оплаты труда

Наименование расходов	Кол-во	Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:					
геоэколог	1	чел-см	10,016	1200	12 019
рабочий	1	чел-см	8,503	750	6 377
ИТОГО:	2		18,519		18 396
Дополнительная зарплата	7,9%				1453
<b>Итого:</b>					19 849
<b>Итого: с р.к.=</b>	1,15				22 826
Страховые взносы	30,0%				6 848
<b>Итого оплаты труда:</b>					29 674

## 6.5 Расчет амортизационных отчислений

Сумма амортизационных отчислений определяется исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов, и утвержденных в установленном порядке норм

амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части. Расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Количество	Балансовая стоимость, руб.	Время полезного использования , %	Годовая норма амортизации и, %	Сумма амортизации за год, руб.
Персональный компьютер	1	35 000	20	10	3500
<b>Итого:</b>					<b>3500</b>

## 6.6 Расчет затрат на подрядные работы

Элементный анализ производился подрядчиком методом ИНАА в ядерно-геохимической лаборатории отделения геологии инженерной школы природных ресурсов на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета. Расчет затрат на подрядные работы представлен в таблицах 20 и 21.

Таблица 20 – Затраты на подрядные работы

Метод анализа	Количество проб	Стоимость, руб.	Итого
Инструментальный нейтронно-активационный анализ	32	2000	64 000
<b>Итого:</b>			<b>64 000</b>

Таблица 21 – Затраты на проведение полевых работ

Состав затрат	Сумма затрат, руб.
1. Материальные затраты	620
2. Затраты на оплату труда со страховыми взносами	29 674
3. Амортизационные отчисления	3500
<b>Итого основные расходы:</b>	<b>33 794</b>

## 6.7 Общий расчет сметной стоимости научно-исследовательской работы

Общий расчет сметной стоимости оформляется по типовой форме. Базой для всех расчетов в этой документе служат: основные расходы,

которые связаны с выполнением работ. Общий расчет сметной стоимости работ отражен в таблице 22.

Таблица 22 – Общий расчет сметной стоимости геоэкологических работ

№	Статьи затрат	Ед. изм.	Кол-во	Полная сметная стоимость, руб.
<b>I Основные расходы</b>				
1	Материальные затраты			620
2	Затраты на оплату труда со страховыми взносами			29 674
3	Амортизационные отчисления			3500
Итого основные расходы (ОР):				33 794
II Накладные расходы (НР)		% от ОР	15	5 069
<b>Итого ОР+НР</b>				<b>38 863</b>
III Плановые накопления		% от (ОР+НР)	15	5 830
<b>IV Подрядные работы</b>				<b>64 000</b>
IV Резерв		% от ОР	3	1 014
Итого сметная стоимость:				109 707
НДС		%	18	19 747
<b>Итого с учетом НДС:</b>				<b>129 454</b>

Стоимость работ, для выполнения работы по оценке эколого-геохимического состояния территории г. Барнаула по данным биогеохимической съемки, составляет 129 454 рубля с учетом НДС.

## 7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной главе выпускной квалификационной работы рассматриваются и анализируются вредные и опасные факторы производственной деятельности (таблица 23), параметры производственного процесса и виды работ, связанные с работой на персональном компьютере – ПК (набор текста, обработка баз данных, построения 3D модели, обработки информации и т.д.) в закрытом помещении.

Цель данного раздела посвящена анализу опасных и вредных факторов применительно рассматриваемому виду производственной деятельности, разработке мер по защите в чрезвычайных ситуациях, а также описанию правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности.

Таблица 23 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Этапы работы	Наименование запланированных видов работ и параметров производственного процесса	Факторы [86]		Нормативные документы
		Опасные	Вредные	
Камеральные работы:	Обработка информации на ПК с жидкокристаллическим дисплеем (обработка данных, набор текста и т.д.).	1.Поражение электрическим током 2.Механические факторы	1.Отклонение параметров микроклимата в помещении; 2.Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3.Электромагнитное излучение; 4.Степень нервно-эмоционального перенапряжения.	СанПиН 2.2.4.548-96 [100] ГОСТ 12.1.038-82 [90] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [97] ГОСТ 12.1.019-79 [89] ГОСТ 12.1.004-91 [88] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [98] СНиП 23-05-95 [102]



## 7.1 Производственная безопасность

Рабочее место расположено в учебном компьютерном классе МИНОЦ «Урановая геология» в отделении геологии ИШПР (541 ауд.) на пятом этаже здания (20 корпус ТПУ, Ленина 2/5), имеет естественное и искусственное освещение. Размер помещения  $8,5 \times 9,5 \times 3,1$ . Площадь на одно рабочее место ПК составляет не менее  $4,5 \text{ м}^2$ , а объем – не менее  $20 \text{ м}^3$ . В аудитории имеется 12 персональных компьютеров. Работа на ПК проводится в помещении, соответствующем гигиеническим требованиям [91].

Поскольку прямой контакт с исследуемыми пробами отсутствует и анализируются лишь данные результатов анализа, представленные в электронном виде, то рассматривается только анализ вредных и опасных факторов которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

**Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.** В данной работе рассматриваются следующие вредные факторы: неблагоприятный микроклимат, плохое освещение, шум, ЭМП (электромагнитное поле), а также психофизические факторы.

*Неблагоприятный микроклимат.* Микроклимат помещения – это совокупность его физических факторов, оказывающих влияние на тепловой обмен организма и здоровье человека в целом. В соответствие с СанПиН 2.2.4.548-96 [100] микроклимат в помещении характеризуется следующими показателями: температура поверхностей, относительная влажность воздуха, интенсивность теплового облучения, скорость движения воздуха и его температура.

Оптимальные нормы и фактические показатели микроклимата в рабочей зоне помещений представлены в таблице 24, где рассматривается категория работ Ia. «К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до  $120 \text{ ккал/ч}$  (до  $139 \text{ Вт}$ ), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим трудом» [100].

Таблица 24 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, С	Температура поверхностей, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Тёплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

Таким образом, микроклиматические условия рабочего помещения соответствуют гигиеническим требованиям [100] и являются комфортными. Мероприятия, направленные на обеспечение безопасности в помещениях, оборудованных ПК, заключаются в ежедневной влажной уборке и систематическом проветривании (естественная вентиляция) после каждого часа работы на ПК.

*Недостаточная освещенность рабочего места.* Освещенность помещения является важным фактором в условиях постоянной работе с компьютером. Так как органы зрения испытывают постоянное воздействие от экрана монитора, необходимо, чтобы окружающее освещение не было дополнительным источником негативного воздействия на глаза человека. Недостаточное освещение рабочего места повышает утомляемость работника, снижает внимательность, уменьшает производительность труда и способствует развитию близорукости. Уже через 40-45 минут непрерывной работы за компьютером, у пользователя могут появиться первые признаки дискомфорта, а через 2 часа происходит значительное ухудшение зрительных функций.

В аудитории, где находится рабочее место, совмещенное освещение. Естественное освещение осуществляется через боковые окна, ориентированные на восток. Общее искусственное освещение обеспечивается 15 светильниками, встроенными в потолок и расположенными в 5 рядов параллельно рядам столов с ПК, что позволяет достичь равномерного освещения [102].

В таблице 25 представлена информация о норме освещённости рабочего места.

Таблица 25 – Норма освещенности рабочего места [102]

Тип помещения	Нормы освещенности, лк при освещении	
	Комбинированное	Общее
Машинный зал	750	400
Помещение для персонала, осуществляющего техническое обслуживание ПК	750	400

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях использования ПК следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и для регулирования яркости окон могут быть применены занавеси, шторы, жалюзи [102].

*Шум.* Источниками шума в компьютерной аудитории является работа вентилятора, охлаждающего системный блок и работа принтера, а также звук от эксплуатации автомобилей. Шум по-разному влияет на состояние здоровья людей. Повышенный уровень шума на рабочем месте может привести к головным болям, быстрой утомляемости, раздражительности, нарушению слуха и т.д.

Шумовое воздействие нормируется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 [87]. При выполнении работы на ПК уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 45 дБ.

Для защиты от шумового воздействия используется шумобезопасная техника, средства индивидуальной и коллективной защиты. К таким средствам относятся звукоизолирующие материалы, кожухи, вкладыши, беруши, противошумные шлемы и каски и т.д. Применительно к данному случаю, к средствам защиты относятся звукоизоляция помещений, наушники, беруши – в качестве средств индивидуальной защиты.

*ЭМП.* Источниками электромагнитных излучений на рабочем месте является компьютеры и сетевые фильтры.

Электромагнитное поле воздействует на организм человека, приводя к ослаблению иммунитета, нарушению метаболизма, повышенной утомляемости, болям в области сердца, изменениях кровяного давления и пульса, возникновение различных заболеваний, в том числе психологических (депрессия, нервозность) и т.д.

Допустимые нормы электромагнитного излучения при работе с оборудованием обозначены в нормативных документах [91,99] и представлены в таблице 26:

Таблица 26 – Временные допустимые уровни ЭМП при работе с ПК

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Основными средствами защиты от электромагнитного излучения при работе с ПК являются использование качественной техники, соответствующей стандартам качества, использование экранных фильтров, ослабляющих электростатическое и электромагнитное поле, а также заземление техники [93].

*Психофизические факторы.* Применительно к работе за компьютером под психофизическими факторами понимают: монотонный режим работы, напряжение зрения, памяти, внимания, эмоциональные перегрузки.

Основным фактором, влияющим на нервную систему пользователя ПК, является большой поток информации, который он вынужден воспринимать. После непрерывной работы за компьютером к концу рабочего дня пользователь может испытывать переутомление глаз, головную боль, боль в мышцах спины, а также в области шеи.

Одним из способов предупреждения преждевременной утомляемости пользователей ПК является организация рабочей смены путем чередования работ с использованием ПК и без него. При высоком уровне напряженности работы рекомендуется психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях. Для того чтобы избежать утомляемости необходимо делать каждые 2 часа 15 минутные перерывы, а также желательно стараться более 4 часов не заниматься одной и той же работой, необходимо менять занятие и обстановку.

С учетом рассматриваемой производственной среды, в данном разделе рассматриваются также механические факторы и электробезопасность

*Электробезопасность.* Компьютер содержит большое количество компонентов, питающихся от источников тока, таких как монитор, системный блок, принтер, клавиатура, мышь. Все перечисленное, а также множество соединительных проводов компонент представляют потенциальную угрозу воздействия тока на пользователя. Поэтому, во избежание поражения током, крайне важно соблюдать основные правила по электробезопасности при работе с ПК.

Прежде всего, перед началом работы нужно убедиться в целостности вилки и провода электропитания, а также в отсутствии повреждений компонентов ПК. При обнаружении любого вида неисправностей необходимо немедленно обратиться к администрации или уполномоченному техническому персоналу.

Во избежание поражения электрическим током запрещается: прикасаться задней панели системного блока, а также тыльной стороне дисплея компьютера; работать за компьютером во влажной одежде или влажными руками; вытирать пыль с компьютера во включенном состоянии; использовать жидкие или аэрозольные чистящие средства для осуществления чистки компьютера; касаться одновременно каких-либо трубопроводов, батарей отопления, металлических конструкций, соединенных с землей (при

пользовании электроприборами); класть посторонние предметы на средства вычислительной техники, а также периферийные устройства.

Действие электрического тока на организм человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое и биологическое действие. Общие требования и номенклатура видов защиты соответствует ГОСТ 12.1.019-79 [89]. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов нормируются согласно ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ [90].

Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве до высокой температуры внутренних органов человека (кровеносных сосудов, сердца, мозга). Электролитическое действие тока проявляется в разложении органических жидкостей тела (воды, крови) и нарушениях их физико-химического состава. Биологическое действие тока проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма и сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц (сердца, легких). Эти действия приводят к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

*Механические опасности.* Рабочее место пользователя ПК оснащено достаточно большим количеством компонентов компьютера, поэтому во избежание получения травм от падения каких-либо предметов, все оборудование должно быть размещено на устойчивых поверхностях. Компьютерные классы, как правило, характеризуются достаточно высокой плотностью размещения техники, которая в свою очередь подразумевает наличие множества проводов. В целях обеспечения безопасности рабочего места все провода и соединительные элементы должны быть размещены таким образом, чтобы не препятствовать перемещению пользователя по всему пространству помещения [98].

## **7.2 Охрана окружающей среды**

Во время камеральных работ происходит окончательная обработка результатов измерений, производятся расчеты, строятся картосхемы

распределения исследуемый элементов и т.д. В результате камеральных работ создается представление о поставленной задаче.

В данном типе работ негативного влияния на окружающую среду не происходит, кроме образования отходов. В процессе работы на рабочей зоне образуются отходы V класса опасности (бумага, обрезки бумаги и мусор от уборки помещений). Степень вредного воздействия на окружающую среду отходов V класса опасности – очень низкая, эти материалы, как правило, не несут никакой опасности или угрозы жизни человека, на данный вид отходов паспорт не выдается.

Утилизация таких отходов: с объекта исследования при помощи обслуживающего персонала, а далее городских служб попадают на общегородские свалки, откуда в дальнейшем могут поступить на переработку.

### **7.3 Защита в чрезвычайных ситуациях**

*Пожароопасность.* В период выполнения камеральных работ может возникнуть пожар. Причинами его возникновения могут быть: неисправность проводки, сбой компьютерной технике, халатность сотрудника при выполнении работ.

Рабочее помещение должно соответствовать требованиям пожарной безопасности [88] и иметь средства пожаротушения [92].

В помещении на видном месте вывешен план эвакуации сотрудника в случае возникновения пожара. Курить в рабочем помещении строго запрещается. Курить разрешается только в отведенном и оборудованном для этой цели месте. После окончания работы необходимо отключить электроэнергию.

Если возникновения пожара не удалось избежать, следует провести эвакуацию сотрудника согласно плану эвакуации, и вызвать пожарную службу (телефон 01). При небольшом пожаре следует попытаться потушить его самостоятельно, используя огнетушители.

Одним из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС является пожар на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

Федеральным законом от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ утвержден «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. Федеральных законов от 10.07.2012 № 117-ФЗ, 02.07.2013 № 185-ФЗ) [103].

Предотвращение распространения пожара достигается мероприятиями, ограничивающими площадь, интенсивность и продолжительность горения. К ним относятся: конструктивные и объёмно-планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещению; ограничения пожарной опасности строительных материалов; наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения; сигнализация и оповещение о пожаре.

В исследуемом помещении обеспечены следующие средства противопожарной защиты: план эвакуации людей при пожаре; памятка о соблюдении правил пожарной безопасности; ответственный за пожарную безопасность; для отвода избыточной теплоты от ПК служат системы вентиляции; для локализации небольших возгораний помещение оснащено углекислотными огнетушителями (в количестве 2 шт); установлена система автоматической противопожарной сигнализации (датчик-сигнализатор типа ДТП).

*Действия в случае возникновения ЧС.* При обнаружении пожара работнику необходимо: немедленно прекратить работу и вызвать пожарную охрану по телефону «01», сообщив при этом адрес, место возникновения пожара и свою фамилию; принять по возможности меры по эвакуации людей и материальных ценностей; отключить от сети закрепленное за ним электрооборудование; приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения; сообщить непосредственному или



вышестоящему начальнику и оповестить окружающих сотрудников; при общем сигнале опасности покинуть здание.

#### **7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

*Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.* Согласно Конституции Российской Федерации, каждый гражданин имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы.

В Федеральном законе Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ [104], главе 1, статье 5 утверждены права и обязанности работника в связи с проведением специальной оценки условий труда.

Режим труда и отдыха при работе с компьютером. При работе с компьютером в среднем через 2 часа у пользователя наблюдается утомление. Во избежание дальнейшего ухудшения состояния пользователя и снижения его активности, необходимо соблюдать правильный режим работы и отдыха.

По степени тяжести и напряженности работы на ПК выделяют следующие группы: группы А и Б – суммарное число считываемой и водимой информации соответственно; группа В – суммарное время непосредственного диалога с компьютером.

Для 8-часовой рабочей смены установлены следующие режимы перерывов (в зависимости от категории работы): через 2 часа от начала рабочего дня, через 2 часа после обеденного перерыва – по 15 минут; через 2 часа от начала рабочего дня, через 1,5 – 2 часа после обеденного перерыва – по 15 минут или через каждый час работы – по 10 минут; через 1,5 – 2 часа от начала рабочего дня, через 1,5 – 2 часа после обеденного перерыва – по 20 минут или через каждый час работы – по 15 минут. Также необходимо использовать регламентированные микроперерывы для осуществления

массажа пальцев и гимнастики для глаз. Соблюдение данных мер позволит снизить психологическую нагрузку, утомляемость, а также послужить профилактикой нарушения зрения.

*Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя (требования к организации рабочих мест пользователей ПК).*

Согласно [98] при организации рабочего места пользователя компьютера необходимо соблюдать следующие требования:

- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно составлять не менее 2 м в направлении тыльной стороны монитора, и не менее 1,2 м между боковыми поверхностями мониторов;

- расстояние от монитора до глаз пользователя должно быть не менее 600-700 мм, при определенном размере шрифта допускается величина 500 мм;

- конструкция рабочего стула должна учитывать рост пользователя, продолжительность работы; способствовать естественному движению пользователя, не оказывать дополнительной нагрузки на мышцы спины и шейно-плечевой области;

- конструкция рабочего стола также должна учитывать естественное положение пользователя при работе за компьютером, длительность работы и обеспечивать оптимальное размещение всего используемого в процессе работы оборудования.

При организации и оборудовании рабочих мест с ПК необходимо строго выполнять как общие, так и специальные требования, установленные СанПиН 2.2.2.542-96 [99].

Общие требования к организации рабочего места оператора:

- рабочее место должно располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева;

- окна в помещениях с ПК должны быть оборудованы регулируемыми устройствами (жалюзи, занавески, внешние козырьки и т. д.);

- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должны

быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м;

- при выполнении творческой работы рабочие места следует изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5–2,0 м;

- монитор, клавиатура и корпус компьютера должны находиться прямо перед пользователем и не требовать поворота головы или корпуса тела;

- рабочий стол и посадочное место должны иметь такую высоту, чтобы уровень глаз пользователя находился чуть выше центра монитора. На экран монитора следует смотреть сверху вниз, а не наоборот. Даже кратковременная работа с монитором, установленным слишком высоко, приводит к утомлению шейных отделов позвоночника, высота рабочего стола с клавиатурой должна составлять 650–850 мм над уровнем стола;

- монитор должен находиться от оператора на расстоянии 50–70 см, на 20° ниже уровня глаз; клавиатура должна быть расположена на такой высоте, чтобы пальцы рук располагались на ней свободно, а угол между плечом и предплечьем составлял 100–110°;

- рабочий стул (кресло) должно быть подъемно – поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сидений и спинки, с надежной фиксацией стула и полумягким воздухопроницаемым покрытием;

- пространство для ног должно быть высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной не менее 450 мм. Должна быть предусмотрена подставка для ног работающего шириной не менее 300 мм с регулировкой угла наклона. Ноги при этом должны быть согнуты под прямым углом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уровнем загрязнения природных компонентов окружающей среды химическими элементами и их соединениями, обладающими токсичными свойствами, определяется эколого-геохимическое состояние территории.

Актуальной научной и производственной задачей является определение и контроль содержания загрязняющих веществ и их соединений с помощью современных аналитических методов в атмосферном воздухе, почвах, природных и питьевых водах, в донных отложениях, промышленных отходах, в различных биологических средах, в том числе растениях, кормах, продуктах питания и т.д.

Результаты эколого-геохимических исследований и оценки в высокой степени зависят от правильного и четкого использования методов статистической обработки – оценки числовых характеристик содержаний химических элементов, проведения корреляционного, кластерного и факторного анализа. Одним из важнейших методов при эколого-геохимических исследованиях является метод эколого-геохимического картирования с использованием современного программного обеспечения.

Город Барнаул является административным центром Алтайского края. Город располагается на юге Западно-Сибирской равнины, в её лесостепной зоне, в северо-восточном районе Приобского плато, на левом берегу в верхнем течении реки Оби Барнаул – основной промышленный, медицинский, образовательный и культурный центр в Алтайском крае. Это промышленный узел, имеющий мощный машиностроительный, энергетический, химический, металлообрабатывающий, нефтеперерабатывающий комплексы. Алтайский край граничит с Казахстаном, что обуславливает проблему трансграничного переноса загрязняющих веществ.

На состояние окружающей среды территории города оказывают влияние в большей степени техногенные факторы, которые приводят к

нарушению экологического равновесия и обострению экологических ситуаций. Техногенную нагрузку на окружающую среду города оказывают различные предприятия, расположенные в трёх промышленных зонах города, а также автотранспорт. Самыми крупными предприятиями, вносящими наибольший вклад в загрязнение окружающей среды, являются три теплоэлектростанции, завод «Сибэнергомаш», Барнаулский станкостроительный завод, Алтайский завод прецизионных изделий, Алтайский моторный завод, Барнаултрансмаш, Алтайский завод самоходных машин, Барнаулский завод асбестовых технических изделий, Барнаулский комбинат железобетонных изделий №1.

Барнаул характеризуется устойчивым и прогрессирующим загрязнением окружающей среды, что обусловлено, отчасти, естественными процессами миграции и рассеивания вещества, связанным с петрогенным (геохимические особенности горных пород) и почвенным фактором.

Основные результаты и выводы выпускной квалификационной работы:

1) У растений существуют свои преимущества для мониторинга и оценки состояния окружающей среды, т.к. их элементный состав отражает особенности среды произрастания и локальные загрязнения. Широкое применение древесная растительность получила на урбанизированных территориях с целью оценки особенностей накопления химических элементов в условиях техногенеза и функционирования промышленных предприятий [40]. Древесные растения представляют собой особый природный фильтр – они извлекают химические элементы из внешних сред и концентрируют их в своих тканях [36]. Листья более чувствительны к загрязнению, так как являются прямыми органами-мишенями для атмосферных загрязнителей, и именно на них наиболее часто наблюдаются симптомы поражения [65]. Установлено, что большая масса загрязняющих веществ в растения поступает из атмосферы [37]. В работе изучались листья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.)

2) По рассчитанным коэффициентам концентрации построены геохимические ряды, которые позволили выявить специфику территории Барнаула, а именно повышенные концентрации ряда как легких, так и тяжелых редкоземельных элементов, а также повсеместного загрязнения территории такими элементами, как хром, кальций, рубидий, стронций, барий и кобальт.

3) С помощью корреляционного анализа и построения граф-ассоциаций выявлено, что основу составляют литофильные элементы. Литофильность большинства элементов, обладающих значимыми корреляционными связями, может свидетельствовать о естественной природе данных ассоциаций. Состав и свойства почвообразующих пород, зависящих от участия в формировании профиля почв, влияют на содержание и соотношение лантаноидов в почвах. В почвах на элювии глин концентрация РЗЭ принимают высокие значения, при этом проявляется тенденция к относительному накоплению тяжёлых лантаноидов [22].

4) Посредством факторного анализа определено влияние на общую дисперсию факторных нагрузок элементов. По первому фактору значимые нагрузки наблюдаются у ряда редкоземельных элементов, тория, хрома и железа – Sc-Cr-Fe-Cs-Ce-Hf-Th, по второму фактору – у La-Sm-Eu-Tb, по третьему – у Sb, по четвертому – у Sr. Влияние первого фактора на общую дисперсию элементов, обусловлено влиянием природных и техногенных источников поступления исследованных элементов, а также это отражает специфику геохимического состава горных пород на территории г. Барнаула (редкоземельные элементы).

5) По данным опробования сухой массы листьев тополя установлен уровень содержания и характер распределения ртути на территории г. Барнаула. Из проанализированных данных следует, что для жизнедеятельности неблагоприятными являются территории, расположенные вблизи санитарно-защитных зон предприятий Северной промышленной зоны и северо-западная часть города, в которой происходит накопление ртути,

перенесенной с территории Власихинской промышленной зоны. В центральной части города и в районе Южной промышленной зоны значения ртути не превышают средний уровень содержания Hg в листьях тополя в городах Сибири более, чем в 2 раза. В целом, на территории Барнаула аномальных концентраций содержания ртути не выявлено.

Помимо описанных источников, причиной повышения содержания ртути относительно регионального фона может быть: использование пестицидных удобрений на территориях частных хозяйств внутри городской черты и на садовых и огородных участках на примыкающих к городу территориях; трансграничный перенос загрязняющих веществ – ртуть может попадать на территорию Алтайского края посредством трансграничного переноса с территории Восточного Казахстана.

6) На территории города, в связи с природными особенностями, сформированы биогеохимические районы с повышенным содержанием определенных элементов.

7) Можно выделить ряд загрязняющих химических элементов характерных для определенной части города, в зависимости от природных факторов и наличие поблизости промышленных предприятий.

8) В результате исследования можно подтвердить, что наибольший уровень загрязнения атмосферы и наивысшие показатели заболеваемости формируются в районах расположения крупных промышленных предприятий. Картами, построенными в результате статистической обработки данных, выявлено, что большинство загрязняющих веществ распределяются именно по описанной схеме – вблизи промышленных зон, в которых и наблюдается повышенная смертность от рака легкого. Подтверждается, что районы городов с повышенной смертностью от онкологических заболеваний имеют привязку к местам расположения промышленных предприятий различной специализации и территориально совпадают с зонами наиболее сильного загрязнения атмосферного воздуха промышленной пылью и различными токсикантами [47].

Таким образом на территории г. Барнаула наблюдается высокое содержание редкоземельных элементов (Sc, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu), а также типичных элементов-загрязнителей урбанизированных территорий (хром, кобальт, стронций, барий) и радиоактивных (Th) элементов в золе листьев тополя. Данный спектр элементов служит индикатором повышенного влияния на обострение экологической ситуации объектов теплоэнергетики, объектов сельского хозяйства и техногенной нагрузки от автотранспорта.

Результаты исследования подтверждают наличие индикаторных свойств у листьев тополя, что позволяет использовать этот объект в биогеохимическом мониторинге для оценки загрязнения окружающей среды.

На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда. Расчет был определен с помощью «Инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы» и ССН-93 выпуск 2 «Геолого-экологические работы» [101]. Стоимость работ, для выполнения работы по оценке эколого-геохимического состояния территории г. Барнаула по данным биогеохимической съемки, составляет округленно 130 тыс. рублей с учетом НДС.

В работе рассмотрены и проанализированы вредные и опасные факторы производственной деятельности, виды работ, связанные с работой на персональном компьютере – ПК в закрытом помещении в период камеральных работ. Разработаны меры по защите в чрезвычайных ситуациях, описаны правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности в соответствии с [86-93, 96-100, 102-104].



## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1) Александрова С.Н., Турсуналиева Е.М. Листья тополя (*Populus balsamifera* L.) как биогеохимический индикатор ртутной нагрузки на территории городов Алтайского края / С.Н. Александрова, Е.М. Турсуналиева, науч. рук. Д.В. Юсупов, Е.Е. Ляпина // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых. – [приняты к публикации].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Список литературы

1. Алексеенко В.А. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка. – М.: Универ. Книга Логос, 2006. – 520 с.
2. Анализатор ртути «РА-915М». Приставки «РП-91», «РП-91С», «ПИРО-915+», «РП-91 ПГ». База данных «Федерального информационного фонда отечественных и иностранных каталогов на промышленную продукцию». – М.: ЛЮМЕКС-Центрум, 2014. – 5 С.
3. Антюфеева Т.В., Сопченко К.В., Харламова Н.Ф. Состояние воздушного бассейна Барнаула // География и природопользование Сибири, изд-во Алт. гос. ун-та, 2009. – №11. – С. 9-19.
4. Бабошкина С.В., Пузанов А.В., Горбачев И.В. Приоритетные элементы-загрязнители (Zn, Pb, Cd, Al) в огородных почвах и овощах приусадебных участков городов Барнаула, Бийска, Горянка // Вестник Алт. гос. аграрного ун-та, 2009. – №10(60). – С. 46-50.
5. Бабошкина С.В., Пузанов А.В. Химический состав почв и растений различных по антропогенной нагрузке территорий г. Барнаула // Мир науки, культуры, образования, 2008. – № 3. – С. 14-18.
6. Бакулин В.Т. Использование тополя в озеленении промышленных городов Сибири: краткий анализ проблемы // Сибирский экологический журнал, 2005. – № 4. – С. 563-571.
7. Баргалы, Р. Биогеохимия наземных растений / Р. Баргалы. – М.: Геос, 2005. – 457 с.
8. Бариева Р.Н. Анализ химического состава листвы и листового опада в комплексе мероприятий по мониторингу атмосферы Нижнекамской промышленной зоны: автореф. дис. к-та хим. – Казань, 2014. – 190 с.
9. Барнаул. Научно-справочный атлас / Б. В. Бородаев, В. И. Булатов, В. Г. Ведухина [и др.] – Новосибирск: ФГУП «ПО Инжгеодезия», 2006. – 100 с.

10. Безуглая Э.Ю. Чем дышит промышленный город? / Э.Ю. Безуглая, Г.П. Расторгуева, И.В. Смирнова. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 255 с.
11. Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н. Техногенное воздействие на почвы урбанизированных территорий Сибири // Фундам. исслед., 2015. – №2. – С. 5397–5403.
12. Берзина И.Г., Герцен Г.П., Столяров С.В. и др. Выявление радиоактивного загрязнения окружающей среды методом радиографии // Геохимия, 1993. – №3. – С. 449–456.
13. Бухарина И.Л., Поварницина Т.М., Ведерников К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
14. Винокуров Ю.И., Путилова А.А. Анализ онкологической заболеваемости и ее связей с факторами окружающей среды на территории Алтайского края // География и природные ресурсы, 2013. – № 4. – С. 101-106.
15. Волостнов А.В. Методы исследования радиоактивных руд и минералов: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ. – 2010. – С. 162.
16. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – М.: Минприроды России; НИИ-Природа, 2016. – 639 с.
17. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». – М.: Минприроды России; НИИ-Природа, 2017. – 760 с.
18. Губина К. А. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Омска по результатам изучения почв и листьев тополя : магистерская диссертация / К. А. Губина ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР), Кафедра геоэкологии и геохимии (ГЭГХ) ; науч. рук. Л. В. Жорняк. — Томск, 2017.

19. Гусева О.И. Антропогенное загрязнение городов Алтайского края // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: материалы Международной конференции. – Горно-Алтайск, 2008. – С. 34-37.

20. Гусев А.И., Гусева О.И. Биогеохимическая индикации антропогенного загрязнения растительности Алтайских городов // Международный журнал экспериментального образования, 2010. – №7. – С. 17-19.

21. Гусев А. И. Загрязнения тяжелыми металлами экосистем городов Алтая / А. И. Гусев, Ф. Б. Бакшт // Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от Обручева В.А., Усова М.А., Урванцева Н.Н. до наших дней: материалы Всерос. форума с междунар. участием, посвящ. 150-летию акад. Обручева В.А., 130-летию акад. Усова М.А. и 120-летию проф. Урванцева Н.Н. (24-27 сент. 2013 г.). – Томск, 2013. – С. 608-616.

22. Дабах Е.В. Редкоземельные элементы в почвах природных и техногенных ландшафтов кировской области // Теоретическая и прикладная экология. – М: Изд. дом "Камертон", 2016. – №3. – С. 56-67.

23. Добровольский В.В. Геохимическое землеведение : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «География» / В.В. Добровольский. – М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2008. — 207 с.

24. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды городского округа – города Барнаула Алтайского края в 2013 году». – Барнаул, 2014. – 118 с.

25. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды городского округа - города Барнаула Алтайского края в 2015 году». – Барнаул, 2016. – 110 с.

26. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды городского округа - города Барнаула Алтайского края в 2016 году». – Барнаул, 2017. – 100 с.

27. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Алтайском крае в 2016 году». – Барнаул, 2017. – 255 с.
28. Донченко Л.В. Безопасность пищевой продукции. В 2 ч. Часть 1 : учебник для СПО / Л.В. Донченко, В.Д. Надкыта. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 264 с.
29. Дурова В.С., Отто О.В. Влияние автомобильного транспорта на состояние атмосферного воздуха г. Барнаула // Вестник науки и творчества, 2017. – №5(17). – С.94-99.
30. Есенжолова А.Ж., Панин М.С. Биоиндикационная способность листьев древесных и кустарниковых насаждений для оценки загрязнения среды тяжелыми металлами в зоне действия металлургического комплекса // Экология и промышленность России, 2013. – № 7. – С. 49–53.
31. Жданова М.В., Гусев А.И. Биогеохимическая индикация антропогенного загрязнения растительности городов Бийска и Барнаула // Природные ресурсы Горного Алтая: геология, геофизика, экология, минеральные, водные и лесные ресурсы Алтая. Горно-Алтайск, 2006. – № 1. –С. 90-93.
32. Зырин Н.Г., Малахов С.Г. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / под редакцией д-ра биол. Наука Н.Г. Зырина. – Москва: Московское отделение гидрометеоздата, 1981. – С. 110
33. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн./ Под ред. Буренкова Э.К. – М.: Экология, 1996. – Кн.3: Редкие р-элементы. – 576 с.
34. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн./ Под ред. Буренкова Э.К. – М.: Экология, 1997. – Кн. 6: Редкие f-элементы. – 607 с.

35. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация загрязнения окружающей среды – новое научное направление в учении о биосфере: концепция, задачи, перспектива // Биогеохимическая индикация природных и техногенных концентраций химических элементов в окружающей среде. – Владивосток: Дальнаука. – Вып. 2. – 1992.

36. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

37. Касимов, Н. С. Эколого-геохимическая оценка состояния древесной растительности в г. Улан-Батор (Монголия) / Н. С. Касимов, Н. Е. Кошелева, О. И. Сорокина и др. // Аридные экосистемы. – 2011. – Т. 17. – № 4 (49). – С. 14-31.

38. Ковалевский А. Л. Биогеохимия растений / А. Л. Ковалевский. – Новосибирск : Наука: Сиб. отд-ие, 1991. – 294 с.

39. Колесник, В. В. Инструментальный нейтронно-активационный анализ биоматериалов и аэрозольных частиц / В. В. Колесник, Н. П. Росляков, А. М. Самонов и др. // Ядерно-физические методы анализа в контроле окружающей среды: Труды 3 Всесоюзного совещания. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. – С. 68–73.

40. Кулагин, А. А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей / А. А. Кулагин, Ю. А. Шагиева. – М.: Наука, 2005. – 190 с.

41. Лабузова О.М., Носкова Т.В., Ильина Е.Г. Оценка поступления нефтепродуктов с городской водосборной территории в природные водотоки на примере города Барнаула // Труды молодых ученых Алт. Гос. ун-та., 2016. – №13. – С. 296-299.

42. Лузина Л.С. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха города Барнаула // Труды молодых ученых Алт. гос. ун-та, 2015. – т. 2. – №15. – С. 221-224.

43. Мартынов А.В. Влияние паводков на содержание редкоземельных элементов в аллювиальных почвах (на примере поймы среднего течения р.

Амур) // Вестник ВГУ, серия: География. Геоэкология. – Воронеж, изд-во ВГУ, 2018. – №1. – С. 35-47.

44. Методика М-04-46-2007. Прямое определение содержания ртути в пищевых продуктах, продовольственном сыре, кормах, комбикормах и сырье для их производства. – Санкт-Петербург.: ЛЮМЕКС, 2007. – 2 с.

45. Михальчук А.А., Язиков Е.Г. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Часть II. Компьютерный практикум. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – 150 с.

46. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Древесные растения и урбанизированная среда: экологические и биотехнологические аспекты. – Новосибирск: Наука, 2003. – 222 с.

47. Одинцова, И.Н. Гигиенические аспекты формирования заболеваемости раком лёгкого в регионе Сибири и Дальнего Востока: автореф. дис. . канд. мед. наук / И.Н. Одинцова. Кемерово, 1999. – 25 с.

48. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2016. – 300 с.

49. Осипова М.А., Блок К.И. Анализ геоэкологической обстановки в г. Барнауле // Ползуновский альманах, изд-во ФГБОУ ВПО АлтГТУ, 2017. – т.2. – №4. – С. 176-179.

50. Павлов И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2005. – 370 с.

51. Погодаева Е. Ю. Инженерно-геологические условия Центрального района г. Барнаула и проект изысканий под строительство 10-ти этажного жилого дома по ул. Власихиной : дипломный проект / Е. Ю. Погодаева ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР), Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии (ГИГЭ) ; науч. рук. Н. Н. Бракоренко. – Томск, 2016.

52. Пузанов А.В. Эколого-геохимические и биогеохимические проблемы в бассейне верхней Оби / А. В. Пузанов [и др.] // Водные и

экологические проблемы Сибири и Центральной Азии : тр. III Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Барнаул, 28 авг. - 1 сент. 2017 г.). – Барнаул, 2017. – Т. 2. – С.176-186

53. Рапута В.Ф. Численный анализ пространственного распределения ртути в листьях тополя г. Барнаула / В. Ф. Рапута [и др.] // XII Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу : тезисы докладов, 17-20 октября 2017 г., Томск / Сибирское отделение (СО), Институт мониторинга климатических и экологических систем (ИМКЭС). — Томск: ООО "Офсет центр", 2017. – С. 229-230.

54. Рапута В.Ф., Романов А.Н., Коковкин В.В., Морозов С.В., Шутова К.О. Сопряженные исследования длительного загрязнения атмосферы и снежного покрова г. Барнаула // ГЕО-СИБИРЬ, изд-во Сибирского гос.ун-та геосистем и технологий, 2011. – т. 4. – С.88-93.

55. Рихванов Л.П., Юсупов Д.В., Барановская Н.В., Ялалтдинова А.Р. Элементный состав листвы тополя как биогеохимический индикатор промышленной специализации урбасистем // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19. – №6. – С. 58-63.

56. Робертус Ю.В., Удачин В.Н., Рихванов Л.П., Юсупов Д.В., Кивацкая А.В. Любимов Р.В. Индикация компонентами природной среды трансграничного переноса загрязняющих веществ на территории горного Алтая. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 9. – С. 39–48.

57. Ротанова И.Н. Эколого-географическая оценка Алтайского края накануне международного года водного сотрудничества и года охраны окружающей среды в России // Ползуновский вестник, изд-во АлтГТУ, 2013. – №1. – С. 251-254.

58. Складов Е.В. Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие. – М: Интермет Инжиниринг, 2001. – 288 с.

59. Соколова Г. Г., Тиньгаева А. Ю. Биоиндикация загрязнения воздуха в г. Барнауле // Известия Алт. гос. ун-та, 2008. – № 3. – С. 19-21.



60. Социально-гигиенический паспорт Алтайского края по врожденным порокам развития у детей (плода) (на основе социально-гигиенического паспорта за 1997-2016 гг.) / Информационный бюллетень / Под редакцией руководителя Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Алтайскому краю И.Г. Пашенко. – Барнаул: РИТТЕР, 2017. – 129 с.

61. Сперанская Н.Ю. Состав и жизненное состояние древесных насаждений г. Барнаула [Текст]: автореферат дис. ... канд. биол. наук / Н. Ю. Сперанская; рук. работы Т. А. Терехина. - Барнаул : АлтГУ, 2007. – 15 с.

62. Судыко А.Ф. Определение урана, тория, скандия и некоторых редкоземельных элементов в двадцати четырех стандартных образцах сравнения инструментальным нейтронно-активационным методом // Материалы V Международной конференции, г. Томск. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. – 2016 г. – С.620-624.

63. Сучков И.А., Пунько В.П., Кравчук А.О. Эколого-геохимические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами // Метеорология, климатология и гидрология. – 1999. – №37. – С. 54-63.

64. Ташекова А.Ж., Торопов А.С. Использование листьев растений как биогеохимических индикаторов состояния городской среды // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328. – № 5. – С. 114-124.

65. Турсуналиева Е. М. Эколого-геохимическая оценка состояния территории г. Новосибирска по данным изучения листьев тополя : магистерская диссертация / Е. М. Турсуналиева ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР), Кафедра геоэкологии и геохимии (ГЭГХ) ; науч. рук. Д. В. Юсупов. – Томск, 2017.

66. Уфимцева М.Д. Закономерности накопления химических элементов высшими растениями и их реакции в аномальных биогеохимических провинциях // Геохимия. – 2015. – № 5. – С. 450-465.

67. Федак С. И., Туркин Ю. А., Гусев А. И., Шокальский С. П. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист М45 – Горно-Алтайск. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. – 567 с.

68. Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М.: Изд. Центр ВЛАДОС, 2003. – 288 с.

69. Харламова Н.Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула : монография / Н.Ф. Харламова, В.С. Ревякин, Б.А. Леконцев; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Алтайский гос. ун-т. – Барнаул : Изд-во Алтайского ун-та, 2005. – 143 с.

70. Черноусов С.И., Арефьев В.С., Осьмушкин В.С. и др. Географические и инженерно-геологические условия степного Алтая. Новосибирск: Издательство «Наука», Сибирское отделение, 1988. – 96 с.

71. Шаймарданова, Б. Х. Биоиндикация урбозкосистемы г. Павлодара по содержанию химических элементов в золе листвы тополя черного *Populus nigra* L. / Б. Х. Шаймарданова, Г. Е. Асылбекова, Н. В. Барановская и др. // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 338. – С. 212–216.

72. Шильников И.А., Лебедева Л.А. и др. Факторы, влияющие на поступление тяжелых металлов в растения // Агрохимия. – 1994. – №10. – С. 94-101.

73. Юсупов Д.В., Рихванов Л.П., Барановская Н.В., Ялалтдинова А.Р. Геохимические особенности элементного состава листьев тополя урбанизированных территорий // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 6. – С. 25–36.

74. Ялалтдинова А.Р. Элементный состав растительности как индикатор техногенного воздействия на территории г. Усть-Каменогорска:

дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 / Ялалтдинова Альбина Рашидовна, Томск, ТрУа, 2015. – С. 172.

75. Djingova R., Peshev D., Wagner G. Heavy metal distribution in Bulgaria using *Populus nigra* 'Italica' as a biomonitor // The science of the total environment. – 1995. – Vol. 172. – Pp. 151-158.

76. Goodman, G. T. Plants and soils as indicators of metals in the air / G. T. Goodman, T. M. Roberts // Nature, Lond. – 1971. – Vol. 231. – pp. 287–292.

77. Ito K., Mathes, R., Ross Z., Nadas A., Thurston, G., Matte, T. Fine particulate matter constituents associated with cardiovascular hospitalizations and mortality in New York City // Environmental Health Perspectives. – 2011. – Pp.467- 473.

78. Jonasson I. R., Mercury in the natural environment: a review of recent work, Geol. Surv. Can., 70/57, 37, 1970.

79. Land M., Ingri J., Andersson P. S. and Ohlander B. Ba/Sr, Ca/Sr and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios in soil water and groundwater: implications for relative contributions to stream water discharge. Appl. Geochem. – 2000. – № 15. – Pp.311- 325.

80. Lextnond Th. M., de Haan F. A. M., Frissel M. J On the methylation of inorganic mercury and the decomposition of organomercury compounds – a review, Neth. Agric. Sci.. – 1976.

81. Pacheco, A. M. G. Nuclear and non-nuclear techniques for assessing the differential uptake of anthropogenic elements by atmospheric biomonitors / A. M. G. Pacheco, M. do Carmo Freitas, S. Sarmento // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A.– 2007. – № 579. – Pp. 499-502.

82. Peek S, Mark T. Clementz. Sr/Ca and Ba/Ca variations in environmental and biological sources: A survey of marine and terrestrial systems. // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2012. – Pp. 36–52.

83. Rühling A., Tyler G. An ecological approach to the lead problem. Botaniska Notiser. – 1968. –№121. – Pp. 321-342.

84. Sara E. Gillooly, Jessie L. Carr Shmool, Drew R. Michanowicz, Daniel J. Bain, Leah K. Cambal, Kyra Naumoff Shields, Jane E. Clougherty. Framework for using deciduous tree leaves as biomonitors for intraurban particulate air pollution in exposure assessment // Springer International Publishing Switzerland. – 2016. – Pp. 1-23.

85. Szramek K., Walter L. M. and McCall P. Arsenic mobility in groundwater/surface water systems in carbonate-rich Pleistocene glacial drift aquifers (Michigan) // Appl. Geochem. – 2004. – № 19. – Pp. 1137–1155.

### **Нормативно-методические документы**

86. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация/ М.: Стандартинформ, 2017.

87. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования к безопасности / М.: Стандартинформ, 2007.

88. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования/ М.: ИПК Издательство стандартов, 1996.

89. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты / М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

90. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов/ М.: ИПК Издательство стандартов, 1996.

91. ГОСТ 12.1.045–84 Система стандартов безопасности труда. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля/ М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

92. ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание/ М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.

93. ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования / М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.
94. ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов, 1996.
95. ГОСТ Р 54639-2011. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии на основе эффекта Зеемана. – М.: Стандартинформ, 2012.
96. Международный Комитет по корпоративной социальной ответственности. Социальная ответственность организации. Требования. Международный стандарт IC CSR 26000:2011.
97. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий — Введен: 30.06.2003. М.: Издательство стандартов, 2003. – 23 с.
98. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. — Введен: 30.06.2003. М.: Издательство стандартов, 2003. – 14 с.
99. СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы / М: Госкомсанэпиднадзор, 1996. – 24 с.
100. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений/ М: Госкомсанэпиднадзор, 1996. – 24 с.
101. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып. 2. Геолого-экологические работы. – М.: ВИЭМС, 1993. – 153 с.
102. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение, 1995.
103. Федеральный закон от 22.07.2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», 2008.
104. Федеральный закон от 28.12.2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», 2013.

## Интернет ресурсы

105. Алтайская правда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ap22.ru/paper/Altayskiy-kray-ostaetsya-v-chisle-liderov-po-zabolevaemosti-i-smertnosti-ot-raka.html>, свободный. – Загл. с экрана.
106. Золото Алтайского края [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zolteh.ru/regions/zoloto-altajskogo-kрая/>, свободный. – Загл. с экрана.
107. Погода в 243 странах мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rp5.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
108. Проект Генерального плана городского округа - города Барнаула Алтайского края [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://barnaul.org/committee\\_information/komitet-po-stroitelstvu-arkhitekture-i-razvitiyu-goroda-barnaula/inaya-informatsiya-o-svoey-deyatelnosti-stroi/proekt-generalnogo-plana-gorodskogo-okruga-goroda-barnaula-altayskogo-kрая.html](http://barnaul.org/committee_information/komitet-po-stroitelstvu-arkhitekture-i-razvitiyu-goroda-barnaula/inaya-informatsiya-o-svoey-deyatelnosti-stroi/proekt-generalnogo-plana-gorodskogo-okruga-goroda-barnaula-altayskogo-kрая.html), свободный. – Загл. с экрана.
109. Распределение сурьмы в системе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://geolike.ru/page/gl\\_1357.htm](http://geolike.ru/page/gl_1357.htm), свободный. – Загл. с экрана.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Chapter 1

#### Biogeochemical monitoring of environmental footprint and the environmental condition using populous leaves

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ61	Александрова Софья Николаевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Юсупов Дмитрий Валерьевич	кандидат геолого-минералогических наук		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Матвеевко Ирина Алексеевна	кандидат филологических наук		

# 1 BIOGEOCHEMICAL MONITORING OF ENVIRONMENTAL FOOTPRINT AND THE ENVIRONMENTAL CONDITION USING POPULUS LEAVES

During the widespread urbanization process and industrial development, the environmental conditions is constantly changing especially conditions of urbanized areas. Diverse study methods of urban ecosystems and natural environments are widely being used in scientific and practical works, monitoring states of environmental and identifying the causes of its pollution.

In the context of biogeochemistry contaminated and man-caused areas are sometimes considered as biogeochemical provinces with drastic break-up of environment components. It provides an application of biogeochemical concept in identification and monitoring processes of environmental pollution. The main purpose of biogeochemical research is studying of life processes and geochemical environment united as conditions specifying functions, structure and development of biosphere [48].

At the end of 80th in 20th century the biogeochemical monitoring stated as specific, specified and scientific approach to study of estimation of conditions of geosystems and landscapes and forecasts on their change affected by technogenesis and widespread chemical pollution [35].

At present time biogeochemical monitoring of natural environment profoundly becomes a regular practice of geoecological research. It is based on study and analysis of chemical constitution and differentiation of weight of living organisms and measurement of the intensity level of accumulation of pollutants. The biogeochemical estimation can implement man impact in the specified way and define pollutants pattern in environment.

An elemental composition of an organism changes in pursuance of environmental pollutant level and displays conditions of abiotic components: properties of underlying strata, surface and ground waters, open air and climate references of an area [48].



During last 50 years and till now the higher plants have been using in monitoring of different pollution types. They are also have been using in the estimation of open air conditions and soil of urbanized area and in monitoring of urban systems [71].

Using plants in the monitoring has become widespread after the research work by Rühling and Taylor in 1968. In their works they used mosses to designate areas pollutants with heavy metals [81,83].

It should be taken into account that the concentration of chemical elements in the living matter depends on a large number of internal factors. The biological features and the systematic position of the species are among these factors that have a significant impact. Another consideration is the natural variability of the elemental composition of the organism due to seasonal, age-related and other variations. In the tissues of living organisms accumulation of the elements occurs selectively and is not always able to correctly reflect the level of environmental pollution. It shows how effectiveness of the methods for the selection of species for monitoring research is important [48].

Plants have their own advantages of monitoring and estimation of the environmental conditions: their elemental composition reflects the peculiarities of the environment where they growth and local pollutions. Wide spreading of tree vegetation occurred in the urbanized area in order to estimate peculiarities of accumulation of chemical elements in conditions of technogenesis and operation of industrial institutions [40].

Plants show sensitivity to different types of man impact. Vegetation is the most important component of geobiocoenosis providing vital functions to other biotical components. Induced by various environmental factors vegetation changes affect the geobiocoenosis overall, thus they can be used as diagnostic features. Advantages of using plants in monitoring and estimating the environmental conditions are underlined by many scientists: their elemental composition reflects the peculiarities of the environment where they growth and local pollutions. Because of the morphological traits tree leaves can stand as sort of natural tablet

which accumulates pollution from conjuncted geosphere shells and reflects the level of man-caused impact on ecosystem [76].

Plants make it possible to find accumulations of pollution of different types in ecosystems, to observe a speed of changes in environment, and also to establish the degree of negative impact of any substances and elements for wildlife subjects and to analyse the future development of ecosystems [71].

The rationale for choosing wood plants comes down to the following list of advantages: easy identification of species - the species of plant can be easily identified by nonexperts, wide spreading in the examined area, what makes it able to create a net of selection with high-density.

Higher plants grow in highly urbanized areas of a city, that offers them an advantage when choosing the target of research, they provide a means of selecting objects for the necessary analysis of sample quantity [7].

Plants are able to record the speed of changes in environment, denote the accumulations of pollution of different types in ecosystems and potential ways of transferring these substances in human body.

Wood plants represent a particular natural filter: they reduce chemical elements out of ambient medium and cluster them in their tissues [36].

The ability of populus to absorb sulfur dioxide is one of its advantages over other plants in research and use as green plants. E.g. it is found that 1 kg of *Populus balsamifera* collects 18 g of  $\text{SO}_2$  over its vegetative season [13].

Such advantages of *Populus* are highlighted for its use:

- ubiquitousness out of its natural zone;
- presence of a vibrant response (qualitative or quantitative) to deviation or environmental change from ecological standard;
- habitat of these species is highly researched.

Dust and aerosols contaminate leaf surface. It causes leaves overheat in the future, providing transition of pollutants inside leaves and terrain food chains. Leaves are more sensitive to pollution as for the atmospheric pollutants they are

they are direct target organs and most frequently observed affection symptoms [65]. It is found that most pollutants comes to plants from atmosphere [37].

Aerosol particles are able to get inside leaf structure as well as depose outside coating a leaf surface. Plugging the stoma polutants get into intercellular space of a leaf [7]. This is reflected in the figure 18:

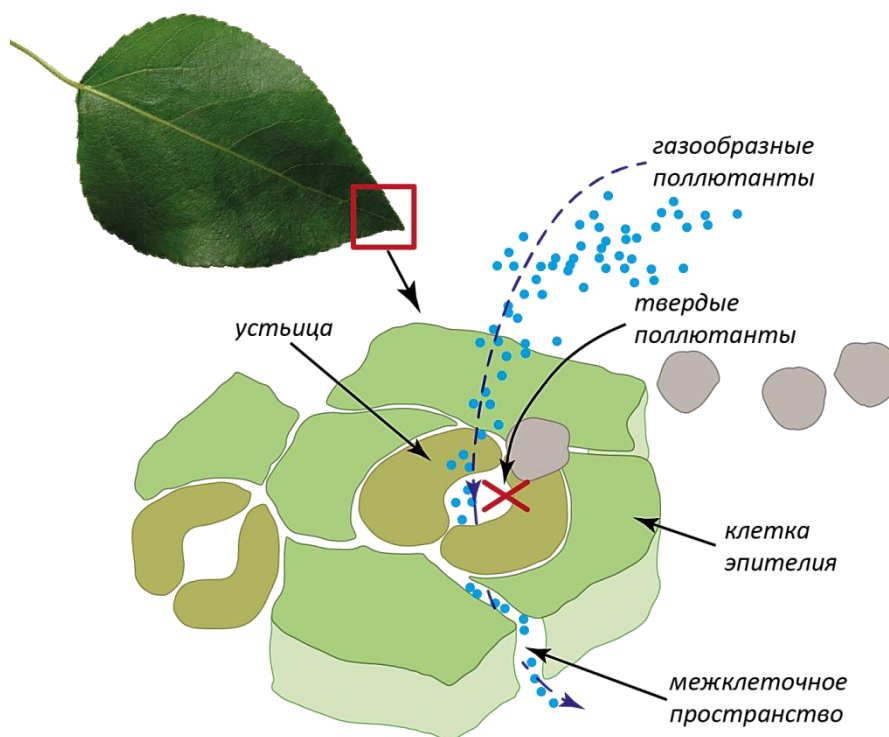


Figure 18 – Diffusion of gaseous pollutants through the stomata into the intercellular space [7]

When pollutants get into a leaf from the environment, their distribution is irregular. A large part of toxicants locate along the edge of a leaf and conductive tissue called xylem. When there is slow intake and fast outflow along xylem pollutants accumulate around and on the top of lamina [72].

Bioaccessibility of microelements getting through leaves from an atmosphere (foliar absorption) is able to have a demonstrable effect on the morbidity of plants, in which the processes of biorecognition appear. It is generally believed that foliar absorption consists of 2 phases: non-metabolic pathway through scarfskin,

concerned as the main of elements input, and metabolic processes which are explain accumulation of chemical elements. The metabolic processes phase is responsible for ion transport through cell membrane to cytoplasm. Microelements which are absorbable with leaves are able to be transported in other plant tissues as well as in root system, where abundant number of some element stores. Chemical elements speed in tissues changes vastly according the age of the plant, its organs and chemical elements [36].

Microelements settled on the leaf surface could be washed off by rain water. Differences in effectiveness of washraining of different microelements can be compared with their functions and metabolic connections. It may be assumed that lead most often can be found on the leaf surface only as settings because it is easily removed from the surface during washing, when a small amount of cooper, zinc and cadmium which also can be washed from the surface show vast pathway into leaf space [78,80]. Vast absorption of iron and mercury is also get through leaves [36].

Using leaves wood plants are able to separate dust and aerosols productively. In response to this function the concentration level of finely-divided particles in open air reduces. These particles can have negative impact on human health, cardiovascular and respiratory system and other rnviromental units [77,84].

Leaves stand as target of research more often than other parts of plants. They are the most flexible part of plants and have high percentage of ash (5-10%) [38].

Leaf properties - surface roughnesses, absorption and accumulation through the scarfskin, passive pollutant diffusion through the stoma, etc. entitle rather wide array of chemical elements and compounds to accumulate. Leaves of seasonal broadleaved species are induced by pollutant exposure only during their vegetative season, what is an advantage as it permits to define the time-lag when the pollutants were accumulated [74]. Figure 19 shows the distribution of uranium in a sheet of poplar trees growing at different distances from the uranium deposit:

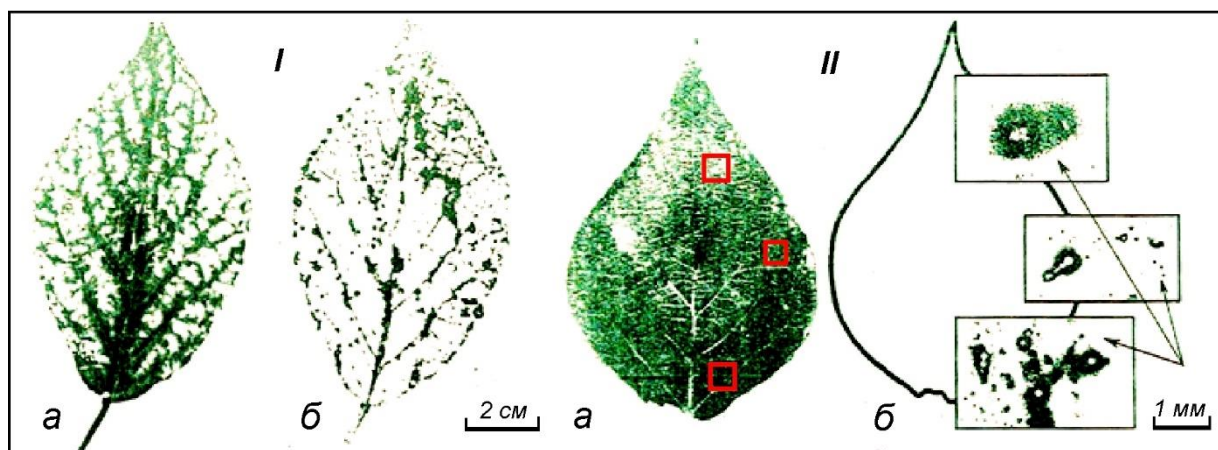


Figure 19 - Distribution of U in a poplar leaf growing near the dumps of the uranium deposit (I) and 20 km from the uranium deposit (II): poplar a-sheet, б-detector [12]

Among the first who started to use *Populus* leaves to estimate air conditions in areas with industrial impact on environment were Djingova R., Peshev D., Wagner G who studied heavy metals distribution in Bulgaria using black poplar (*Populus nigra*) as biomonitor [75].

The researchers [50] found that *Ulmus laevis*, *Pinus sylvestris* and *Pinus sylvestris* have hypersusceptibility to air pollution. Some researchers consider populus leaves as effective biogeoindicator. Leaves of populus, birch and other woody plants are being used to monitor biogeochemical conditions of urbanized areas and in industrial centers [64, 73]. Using populus leaves regarding as a natural tablet it is possible to reveal geochemical differentiation of urbanistic systems, because leaves capture such substances as atomic mercury, dust, aerosols from the lowest air and concentrate chemical and radioactive elements from the soil [73].

*Populus* leaves are the environment capable to display short seasonal accumulation of elements up to 5 months. The researchers [1,12] found that populus leaves are able to accumulate unconventional elements, e.g. radioactive elements which emission and populus leaves accumulation are determined by man-caused factors. Through the use of populus leaves as biogeochemical indicator it is possible to find the source of transboundary transfer of chemical elements and the

following so-called transboundary pollution [56]. The results of studies on transboundary movement of elements are shown in figure 20:

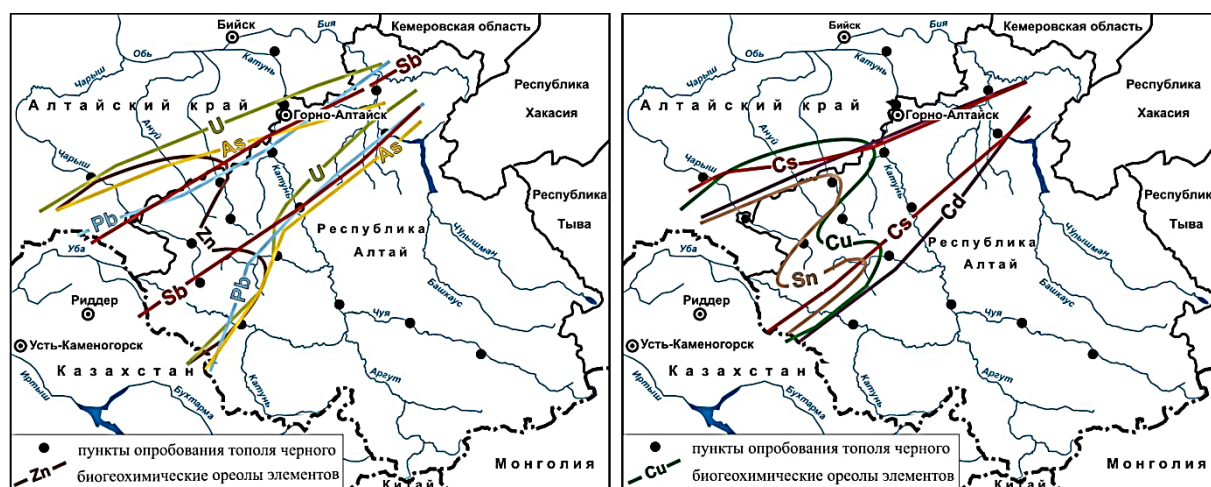


Figure 20 – Biogeochemical indication of transboundary transport of pollutants to the territory of the Altai Mountains. Positive (left) and negative biogeochemical halos (right) in the Altai [56]

Together with transboundary pollution the study of populus leaves found their ability to accumulate some specified elements of a certain industry on the examined area, e.g. fuel complex emissions, petrochemical industry, metals industry, etc. [30, 73].

At the present time a wide system of biological monitoring is developed. In spite of it effectively the only method to implement specific indication of environmental emissions and to find pollutant's fate is pollutant analysis of living matter, including vegetation [48].

The role of vegetation in solving the problem of city pollution was studied by many scientists. The results of such works are being used widely in sustainable building in urbanized areas. However, not all aspects of ecological-physical relationships of "a city and a plant" are well-studied: physical-biochemical peculiarities of vegetation with integral effect of man-caused factors are understudied as well as the role of vegetation in biochemical circulation of chemical elements in urban ecosystems [13].

Populus has the highest resistance to effects of gaseous substances, smoking and has well-developed gas exchange function [6]. Unlike other woody plants populus has high tempo of growth, high rate of water holding and high photosynthetic rate in urbanized areas, consequently it is recommended for wide directions with the aim of urban environment improvement [13].

Over the past decades higher plants have been being used to monitor environmental pollution, to estimate the conditions of environment and to monitor soil and air pollution in urbanized areas [71].

With the appearance of new results of ecological research, it became possible to use green plantings to improve environmental conditions and uplevel life protection in urbanized areas. Green plantings are primarily being used to improve environmental conditions, their main function is gas absorption and dust settling [8].